أنطوان بُطرُس

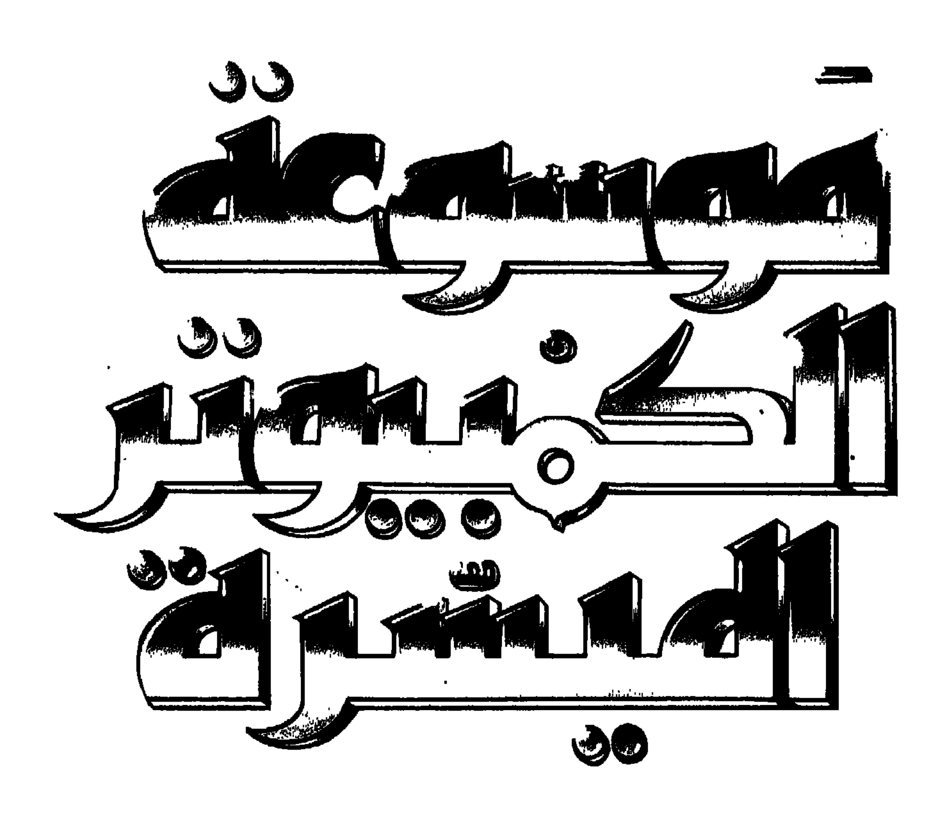




مَكتَبة لبنَان

مَوسُوعَة الكُمبُيُوتر الميَسَّرَة

أنطوان بطرس



مكتبة لبنان

مكتبة لبنان
ساحة رياض الصلح،
بيروت، لبنان
وكلاء وموزعون في جميع أنحاء العالم

طبعة أولى ١٩٩١
طبعة ثانية ١٩٩٤

طبع في لبنان

رقم الكتاب 110144 D 01

الرسوم الداخلية : سليم صوايا
الغلاف الخارجي : تصميم : رازق أنتيباس
تنفيذ : سليم صوايا
الخط : فؤاد اسطفان

الإهداء

إلى ساندرا ونادين
رمزي تمايز في الأسلوب
وتجانس في السعي
نحو المستقبل

المُقدِّمَة

تَتألَّف هٰذه الموسوعة من ٢٤ فصلًا تَتناوَل شرح الكمبيوتر وطريقة عمله في أسلوب مُبسَّط ولٰكن شامل ومُحيط، ومن هنا اكتسبت سِمَة الموسوعة.

وخلافًا للموسوعات التي يَغلب عليها الطابَع السَّرديّ الكثيف، وعلى غرار الموسوعات العلميّة الأخرى الصادرة عن «مكتبة لبنان» يَعتمد هٰذا الكتاب الشَّرح المُختَصَر الوافي المُباشِر إلى جانب الرُّسوم المُفسِّرة.

إنّ الهدف من وراء هذه الموسوعة هو وضع الكمبيوتر، هٰذا الوافد الجديد إلى الحضارة الإنسانيّة، بمُتناوَل مُختلِف المَعنيّين به وبخاصّة أولئك الذين لا يَملكون ثقافة كمبيوتريّة لٰكنّهم يَعملون في مُحيط تَغلب عليه التّطبيقات الكمبيوتريّة. وكلّنا بات يَعلم أنّ دور الكمبيوتر لن يكون عابرًا ولا هامشيًّا في حياة الإنسان؛ فهو منذ الآن يَعمّ مُختلِف أوجه الحياة والعمل؛ وتطبيقاته تَشمل جميع الحقول والقطاعات: الطِّبّيّة والمعيشيّة والسِّياحيّة والصِّناعيّة والخدماتيّة والتِّجاريّة والعلميّة والفنّيّة وحتّى الرِّياضيّة. لقد غزا الكمبيوتر ميدان العمل وأصبح من مُستلزَمات المكتب والإدارة والإنتاج، ولم يَعد هناك من فرد فاعلٍ في المُجتمَع يَستطيع أن يعيش بمنأًى عنه.

تَتوجَّه هٰذه الموسوعة إلى كلّ مُبتدئ بالكمبيوتر: من رَجُل التِّجارة والأعمال إلى الإداريّ والمُوظَّف؛ من المُواطِن المُنتِج إلى الطالب الساعي إلى التّحصيل؛ من الشابّ اليافع الطَّريّ العود إلى الرَّجُل الفاعل الذي يَقبض زمام الأمور في ميدان عمله ويَرفض أن يَتخطّاه قطار التطوُّر. جميع هؤلاء تجمعهم صفة واحدة هي أنّهم مُبتدِئون بالنِّسبة للكمبيوتر ولٰكنّهم يَختلفون عن غيرهم بأنّهم لا يُريدون أن يقفوا من هٰذا التّيّار الجارف مَوْقف المُتفرِّج فَحَسْبُ، بل يُريدون مُلاقاتِه والإمساكَ بعنانه وترويضه.

وكما سيتراءى لقارئ هٰذه الموسوعة، فإنّه ليس في الكمبيوتر أيّة أسرار أو ألغاز، ولا يُوجَد فيه شيءٌ يَستعصي فهمه. بل على العكس، فالكمبيوتر آلة بسيطة مطواعة لا يَحتاج التّعرُّف إلى كُنْهها أيّ جهد استثنائيّ. ويُمكِن أن يَتمّ ذٰلك، كما هو الحال في موسوعتنا، بواسطة جولة في بضعة فصول من القراءة المزدانة بالرُّسوم التّوضيحيّة. وسوف يَجد القارئ أنّه ألَمّ بالكمبيوتر واستوعب قدراته وإمكاناته، وأنّ التّوهُّم من الكمبيوتر لا يَستند إلى أيّة حقيقة: فكلّ الأوهام مُتشابِهة لا تستند إلى أيّ أساس إلّا في العقل. وإخراج هٰذا الوهم من عقولنا ليس بالأمر العسير إطلاقًا.

فتعالوا معنا إلى جولة في عالَم الكمبيوتر واستكشفوا ما هو وكيف يعمل؟

المُؤلِّف

في ١-٦-١٩٩٠

المحتويات

المحتويات



ما هو؟	كيف يعمل؟	البيانات	المعالج	البرامج
اللغة	المنطق	الدارات	التأهيل	الطرفيات

ما هو الكمبيوتر ومِمَّ يَتألّف؟ ما هي مُكوِّناته وكيف يعمل؟
أسئلة تُواجِه كُلّ مبتدئ أو وافد جديد إلى عالَم الكمبيوتر.
نَستهلّ بالإجابة عن هٰذه الأسئلة تمهيدًا للانتقال إلى استعراض كيفيّة عمله ومفهوم المُعالجة.

ما هو الكمبيوتر؟

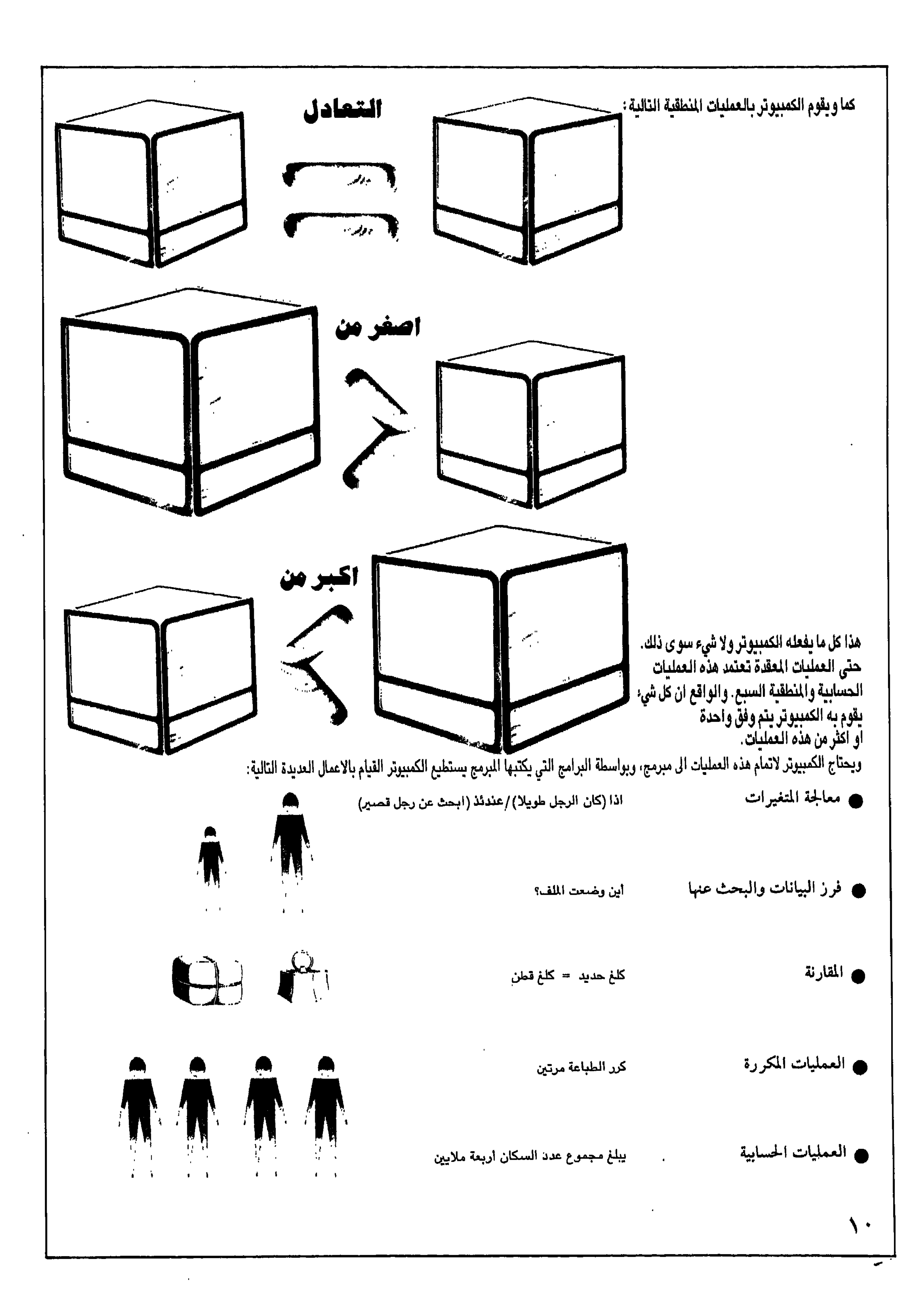
الكمبيوتر جهاز يقوم بعدد من العمليات الحسابية وهي:

الجمع

الطرح

الضرب

القسمة



كما ويقوم الكمبيوتر بالعمليات المنطقية التالية :

هذا كل ما يفعله الكمبيوتر ولا شيء سوى ذلك. حتى العمليات المعقدة تعتمد هذه العمليات الحسابية والمنطقية السبع. والواقع ان كل شيء يقوم به الكمبيوتر يتم وفق واحدة او اكثر من هذه العمليات.

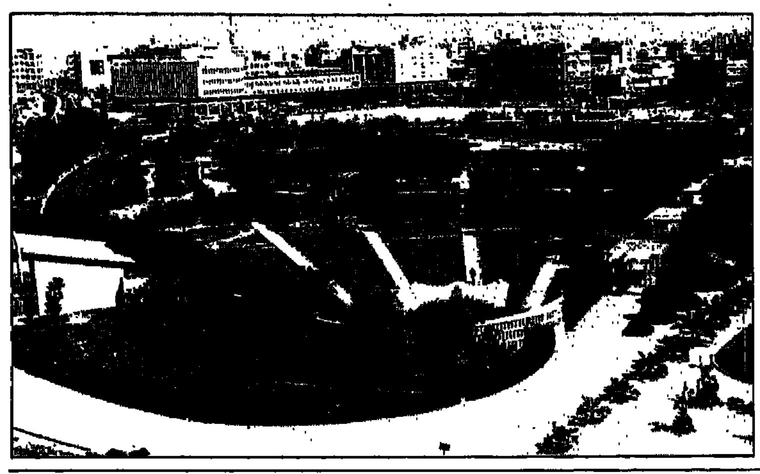
ويحتاج الكمبيوتر لاتمام هذه العمليات الى مبرمج، وبواسطة البرامج التي يكتبها المبرمج يستطيع الكمبيوتر القيام بالاعمال العديدة التالية:

- معالجة المتغيرات — اذا (كان الرجل طويلا) / عندئذ (ابحث عن رجل قصير)
- فرز البيانات والبحث عنها — اين وضعت الملف؟
- المقارنة — كلغ حديد = كلغ قطن
- العمليات المكررة — كرر الطباعة مرتين
- العمليات الحسابية — يبلغ مجموع عدد السكان أربعة ملايين

مما يتألف الكمبيوتر؟

يتألف الكمبيوتر من الجزء المادي الملموس ويطلق عليه اسم معدات، وجزء غير ملموس هو البرامج .

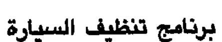
المعدات: ان كل شيء تراه عيناك في الكمبيوتر هو جزء من المعدات، كالشاشة، ولوحة المفاتيح، والاسلاك، والطابعة الخ...
وهناك من يشبه المعدات بالمطبخ المنزلي الذي يتألف من فرن وبراد وغسالة ثياب الخ... وحيث لكل جهاز وظيفة معينة. ويمكن كذلك ان نشبّه المعدات بمدينة بمرافقها المنتظمة حيث لكل مرفق وظيفة محددة مرسومة.



البرامج: البرامج هي مجموعة التعليمات والبيانات التي توضع في القسم الالكتروني داخل الكمبيوتر والتي يتبعها لتنفيذ مهامه. وهي على نوعين:



أنظمة التشغيل: هي مجموعة التعليمات التي تتابع موقع وجود البيانات والبرامج، وتنحصر علاقة أنظمة التشغيل بوحدة المعالجة المركزية. واذا كانت المعدات هي أشبه بمدينة فان أنظمة التشغيل هي أشبه بخريطة المدينة التي تبين الطرق والمفارق وأرقام الشوارع حيث يمكن تحديد ومعرفة كل شيء في المدينة على الخريطة وبالطبع فكما ان كل خريطة مدينة تختلف عن خريطة مدينة أخرى، هكذا يختلف نظام تشغيل معيّن عن آخر.



البرامج التطبيقية: هي مجموعة التعليمات التي تحدد للكمبيوتر كيف ينفذ عملا معينا ومحددا كان يصنف لنا أسماء المشتركين في النادي أو يطبع لنا عناوينهم على المطاريف الخ... ومعنى ذلك ان البرنامج التطبيقي ينبغي أن يكتب في الصورة التي تكفل تنفيذ هذا الاداء المعين واعتمادا على نظام التشغيل المختار. فالبرنامج التطبيقي في حاجة الى «خريطة» يتعرف بواسطتها الى أوجه السير والمرور والتنقل ضمن اطاره المادي أي ضمن المعدات.

برنامج تنظيف السيارة

١ ـ نظف محرّك السيارة

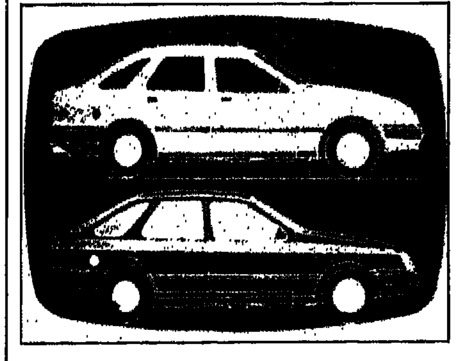
١ ـ١ ـ رشّ المحرّك بمنظّف يزيل الشحوم

١ ـ ٢ ـ غلّف جميع أجزاء المحرّك مع الزوايا والشقوق

١ ـ ٣ ـ أزل السائل المنظّف مع الوسخ بماء الخرطوم

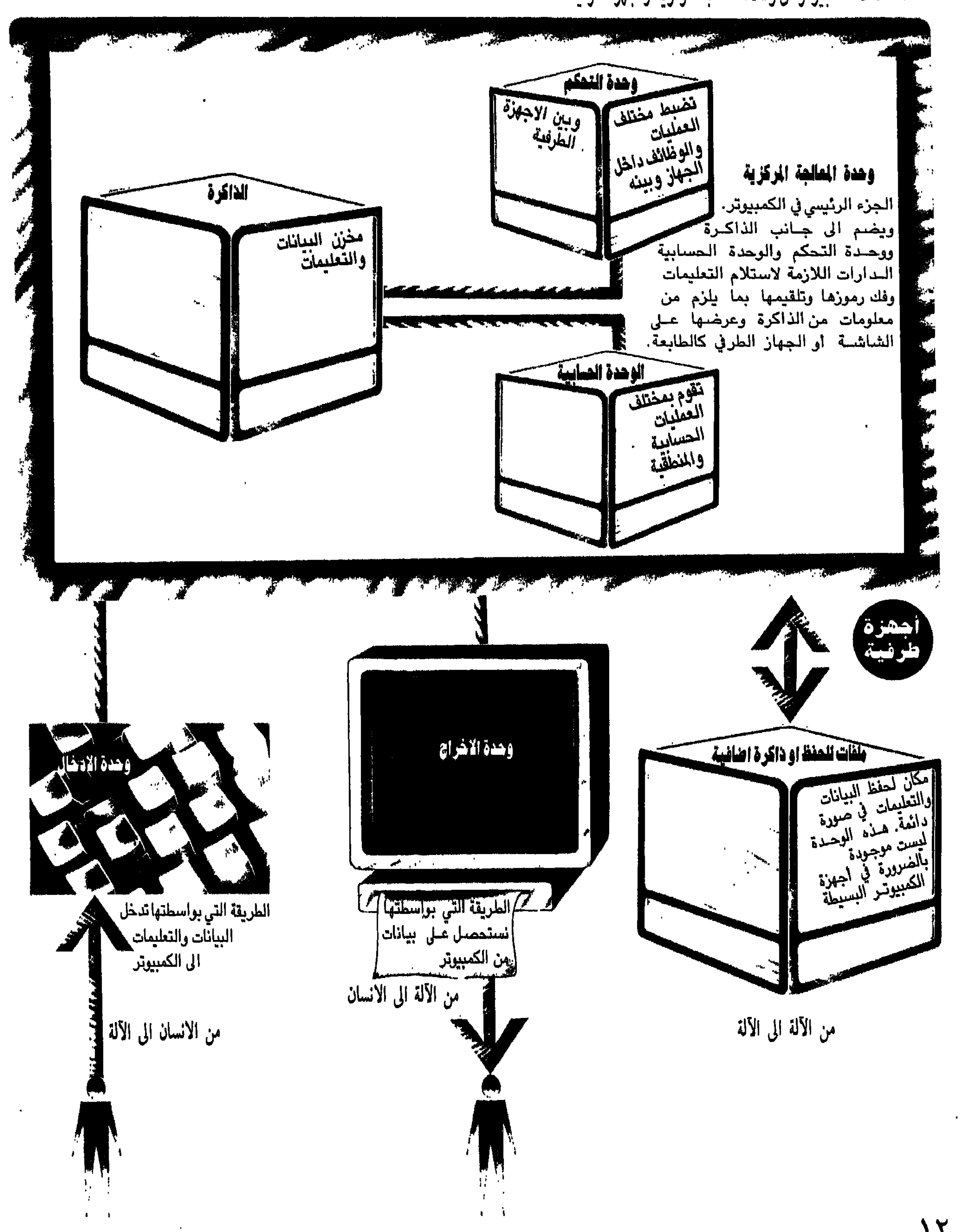
١ ـ ٤ ـ دع الموزّع ينضح بقليل من الماء

١ ـ ٥ ـ تخلّص ممّا يَتبقّى على الاجزاء الكهربائيّة من السائل المُنظّف برشّ مادّة تمتصّ الرطوبة.

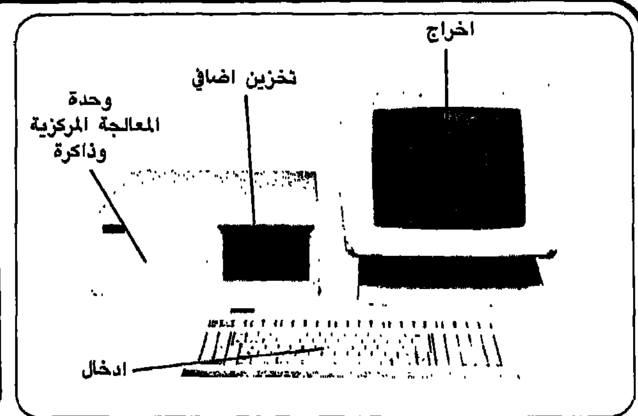


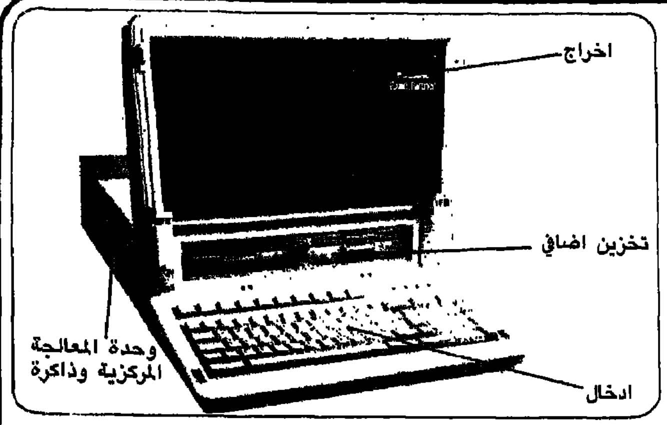
المعدات الاساسية في الكمبيوتر

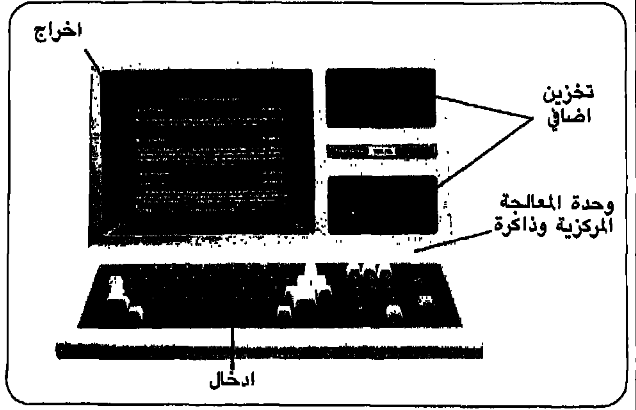
تتالف معدات الكمبيوتر من وحدة معالجة مركزية واجهزة طرفية :

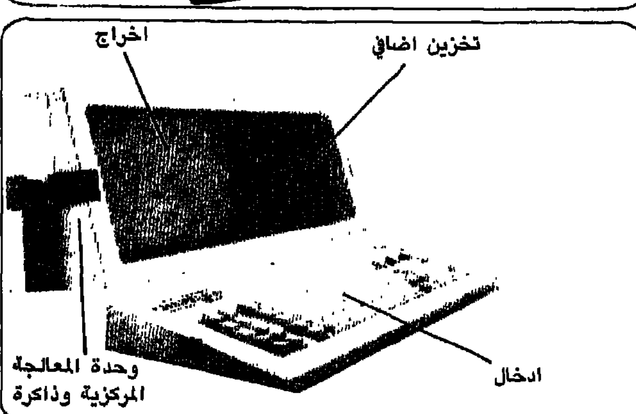


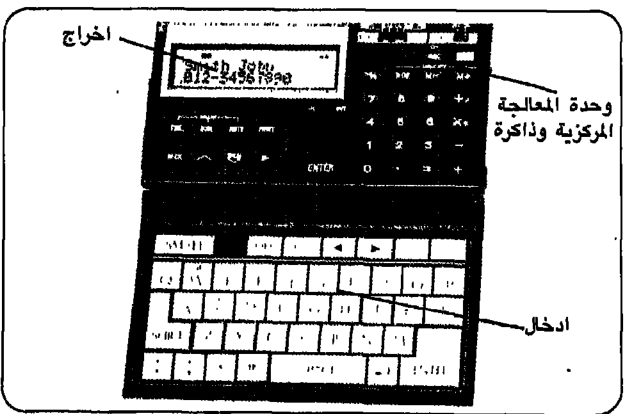
تنوع مواقع المعدات الاساسية

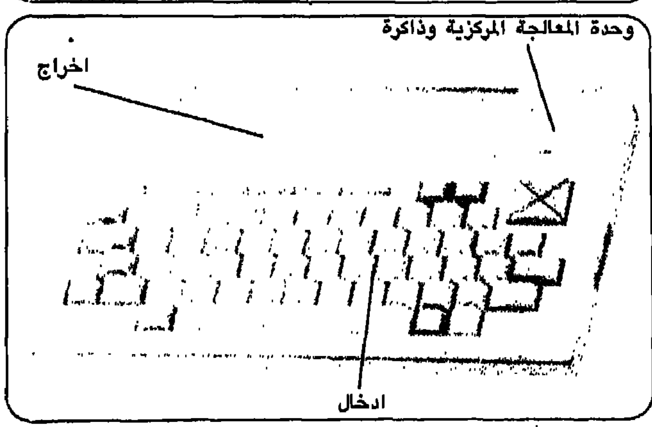


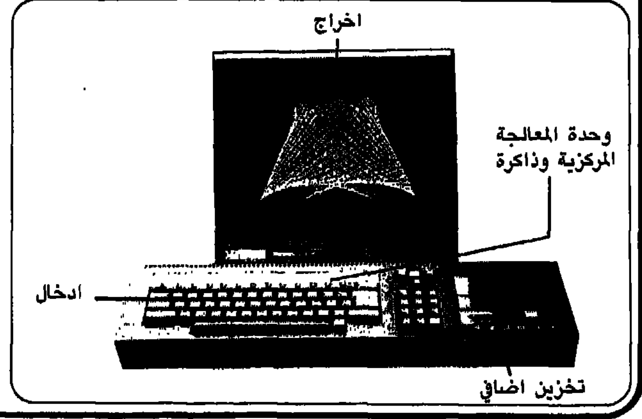


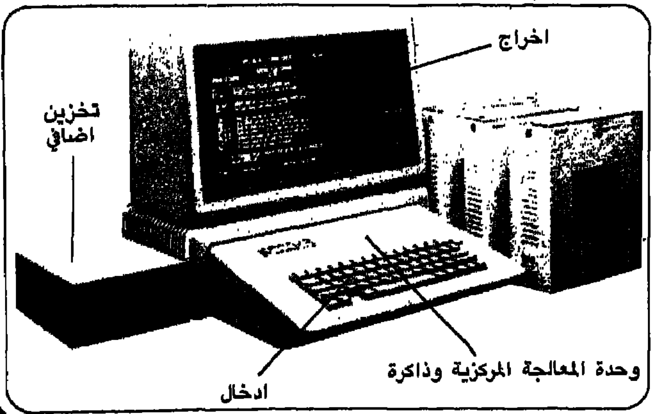












المراحل التاريخية لظهور الكمبيوتر (١)

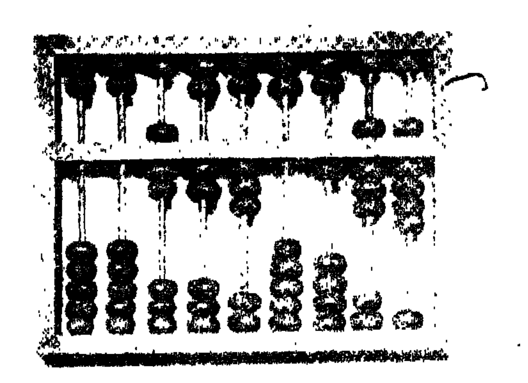
بين اكتشاف العدّ وظهور الكمبيوتر رحلة طويلة اجتازها الإنسان وعرف فيها وسائل عديدة ومُتنوِّعة للعدّ. هٰذه الوسائل تَراوَحت بين أصابع اليدين (والقدمين لدى بعض الشُّعوب) والتَّشطيب على العظام وقضبان الخشب، والحصى، وعقد الحبال، والمعداد، انتهاءً بالآلة الحاسبة.

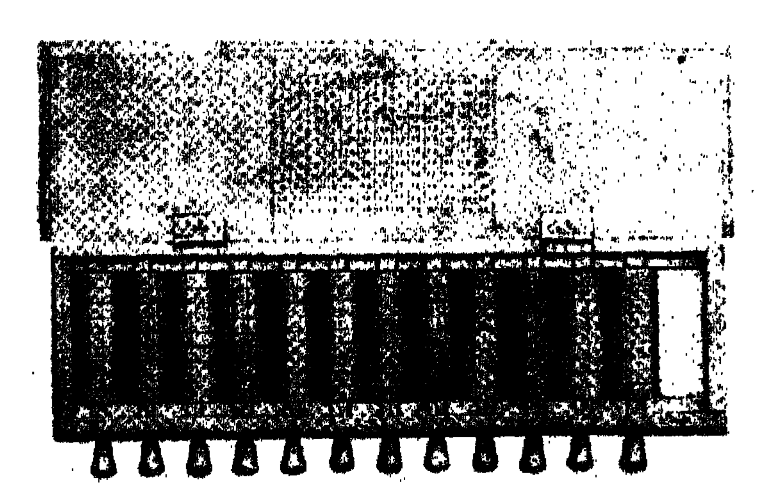
وكذٰلك الأمر فإنّ الانتقال من الآلة الحاسبة إلى الكمبيوتر لم يَتمّ دُفعة واحدة بل استغرق سنوات عديدة من الخيال والإبداع الفكريّ؛ خاصّة أنّ الأجهزة الآليّة التي تُعتبَر السَّلَف المُباشِر للكمبيوتر كانت مزيجًا من اثنين، أجهزة ابتُكِرت بهدف تسهيل العمليّات الحسابيّة وأخرى ابتُكِرت لأهداف صناعيّة ساهَمت في توفير وسيلة لإدخال المعلومات إلى الآلات الحاسبة وضبط عمليّات المُعالجة الرَّقميّة وغير الرقميّة في آن.

وباستثناء أصابع اليدين فإنّ المعداد هو الوسيلة الوحيدة التي لا تزال مُعتمَدة حتّى أيّامنا هٰذه بين جميع الوسائل والأجهزة التي عرفها الإنسان في مسيرته الطَّويلة نحو الكمبيوتر.

المعداد (Abacus) (حوالي ٣٠٠٠ ق.م.)

اقدم جهاز للعد له طابع آلي متحرك يعتقد انه من اصل بابلي واسمه مشتق من كلمة فينيقية هي «أباك» وتعني الرمل المنثور على سطح ما للكتابة عليه. استخدم على نطاق واسع في الماضي ولا يزال متداولا حتى اليوم في الشرق الاقصى. الحذقون في استعماله يضاهون بسرعاتهم الآلات الحاسبة اليدوية.





عظام نابير (Napier's Bones) (١٦١٧)

مجموعة قضبان عظمية مقسمة الى اجزاء رقمية يمكن ترتيبها باسلوب معين فتمكن من ايجاد حاصل الضرب، مثلا، بجمع سلسلة رقمية تتنسق افقيا بصورة تلقائية عند تحريك العظام باتجاه الارقام المطلوبة. قد قام عالم آخر يدعى وليم اوغتريد (William Oughtred) بتطوير النظام الى «المسطرة المنزلقة» التي كان المهندسون ولا يزالون يستعملونها. كما وان ظهور حاسبة پسكال انهى أي دور مستقبلي لها.



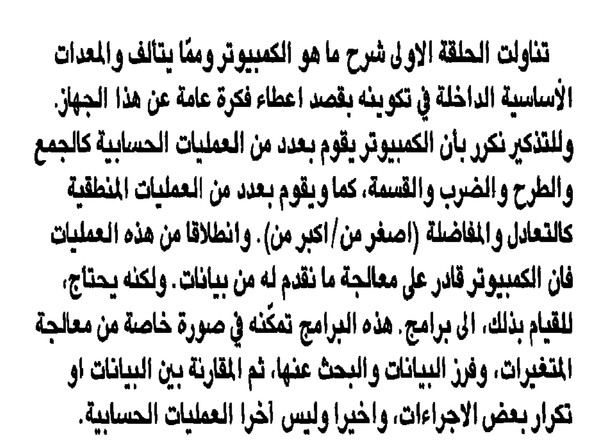
مَا هــو؟	كيفَ يعمَل؟	البيَانات	المعَالـج	الـبَرامـج
اللغــة	المنطـق	الـدارات	التـأهيـل	الطرفيات

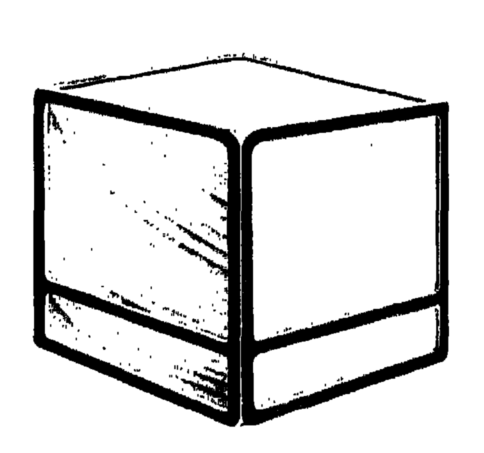
عرضنا في الفصل الأوّل لماهيّة الكمبيوتر وممّا يتألّف.
في هٰذا الفصل نَستعرض كيفيّة عمله ابتداءً بالعَلاقة بين المُعَدّات والبرامج وانتهاءً بالبيانات وطريقة إدخالها وحِفْظِها.

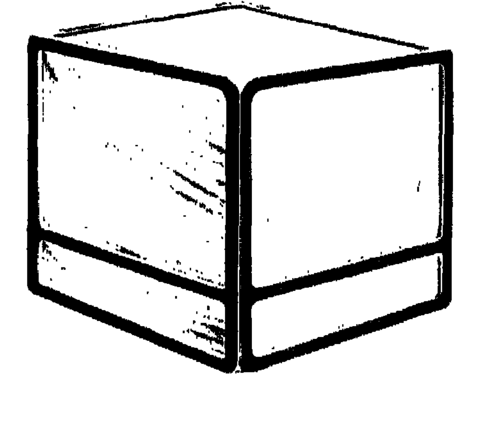


الفصل الثاني كيف يعمل الكمبيوتر ؟

تناولت الحلقة الاولى شرح ما هو الكمبيوتر وممّا يتالف والمعدات الأساسية الداخلة في تكوينه بقصد اعطاء فكرة عامة عن هذا الجهاز. وللتذكير نكرر بأن الكمبيوتر يقوم بعدد من العمليات الحسابية كالجمع والطرح والضرب والقسمة، كما ويقوم بعدد من العمليات المنطقية كالتعادل والمفاضلة (اصغر من/اكبر من). وانطلاقا من هذه العمليات فان الكمبيوتر قادر على معالجة ما نقدم له من بيانات. ولكنه يحتاج، للقيام بذلك، الى برامج. هذه البرامج تمكّنه في صورة خاصة من معالجة المتغيرات، وفرز البيانات والبحث عنها، ثم المقارنة بين البيانات او تكرار بعض الاجراءات، واخيرا وليس آخرا العمليات الحسابية.



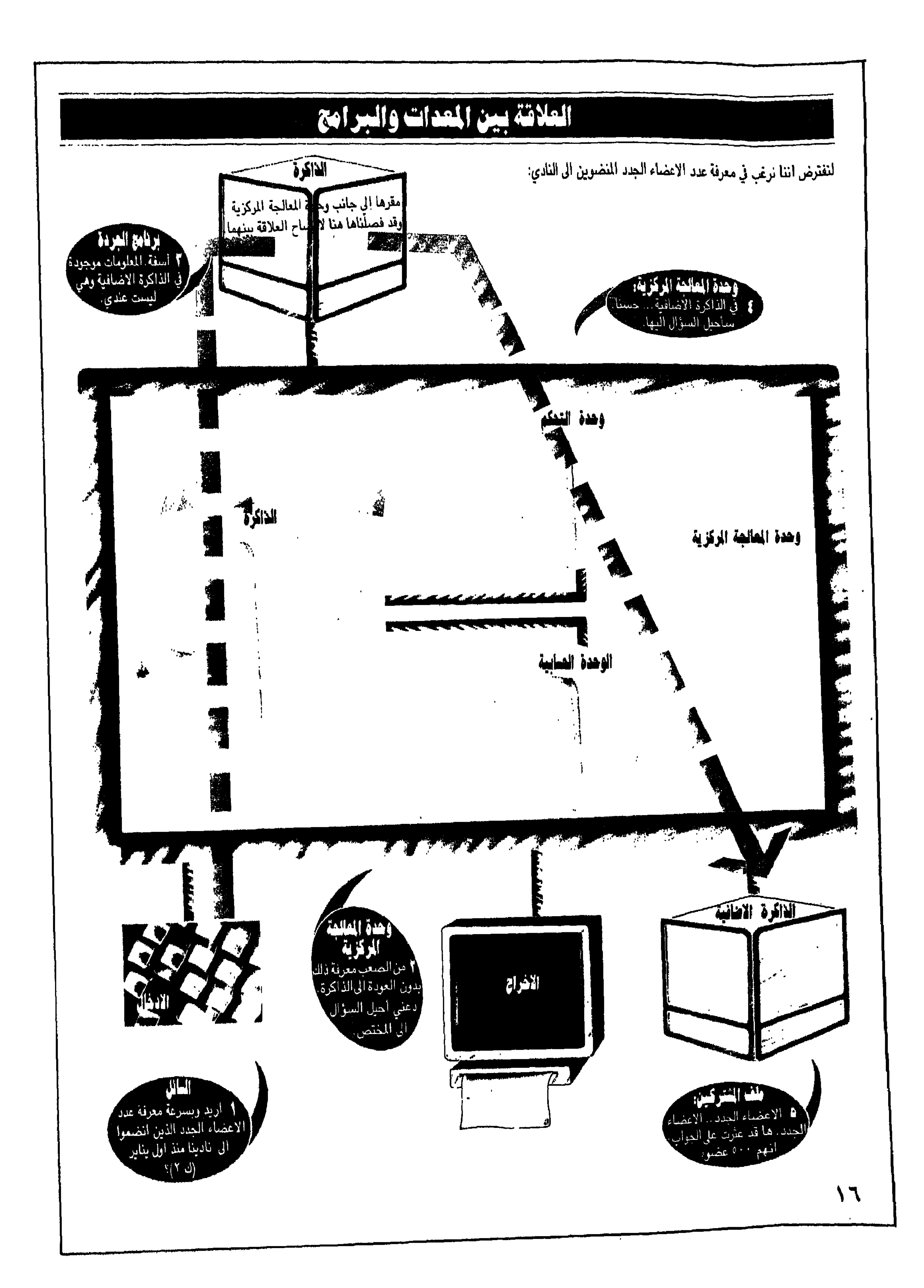




في الحلقة الثانية هذه نعرض لكيفية عمل الكمبيوتر وللعلاقة التفاعلية الاساسية بين المعدات والبرامج. كما نتعرف الى الخطوة الاولى في تشغيله وهي كيفية ادخال البيانات وطرق خزنها. وتبعا لنوعية العلاقة بين البرامج والمعدات فان كل نظام كمبيوتري يكون محددا بموجب البرنامج التطبيقي، للقيام بمهام معينة. ولنشرح ذلك بمثال نتصور فيه حوارا بين مختلف اقسام (أي مكوّنات) الكمبيوتر. يقوم السائل بتوجيه سؤاله الى وحدة المعالجة المركزية التي تبحث عن المعلومات فتجدها في الذاكرة الاضافية حيث يستقر ملف قائمة المشتركين.

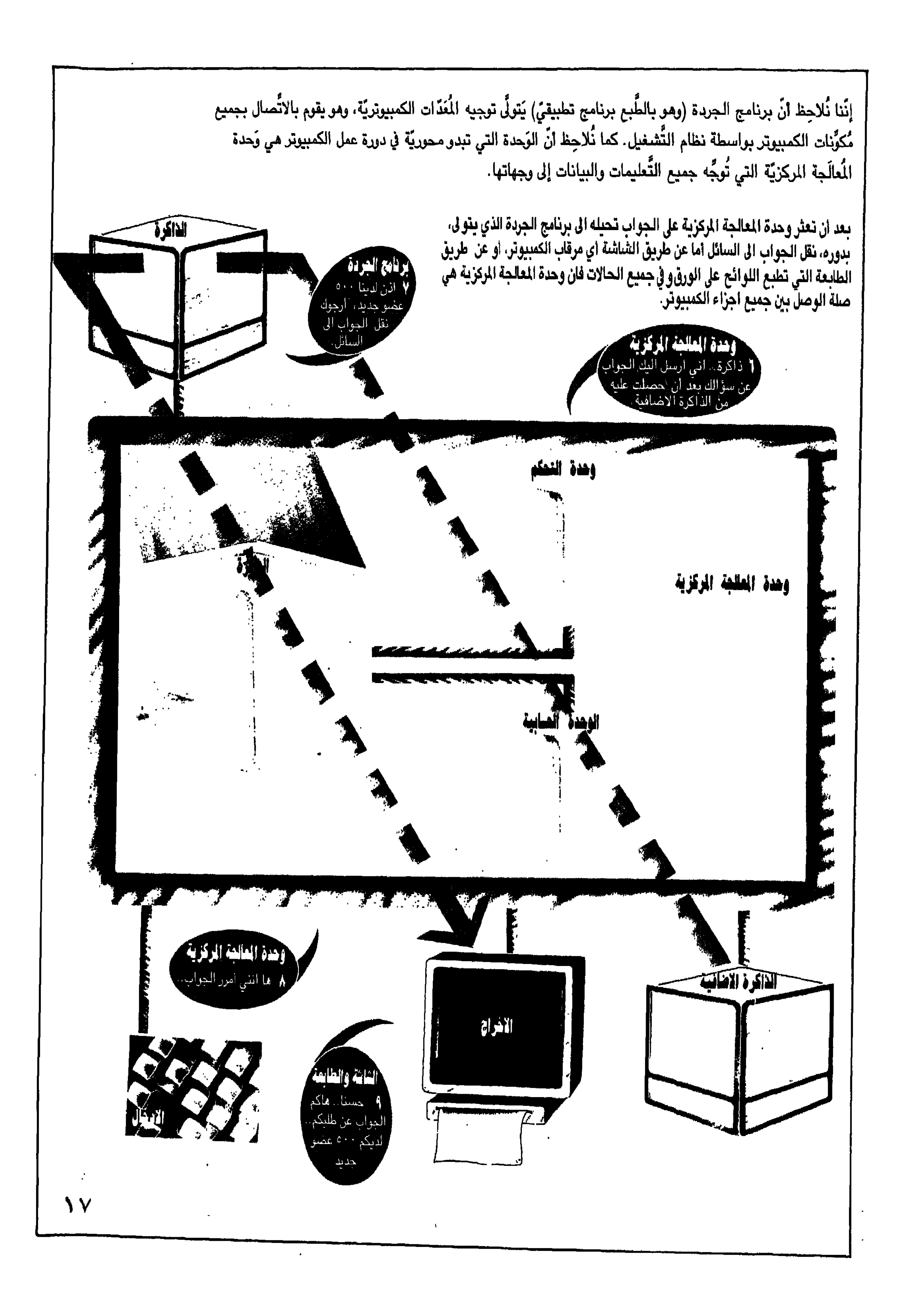
العلاقة بين المعدات والبرامج

لنفترض اننا نرغب في معرفة عدد الاعضاء الجدد المنضوين الى النادي:



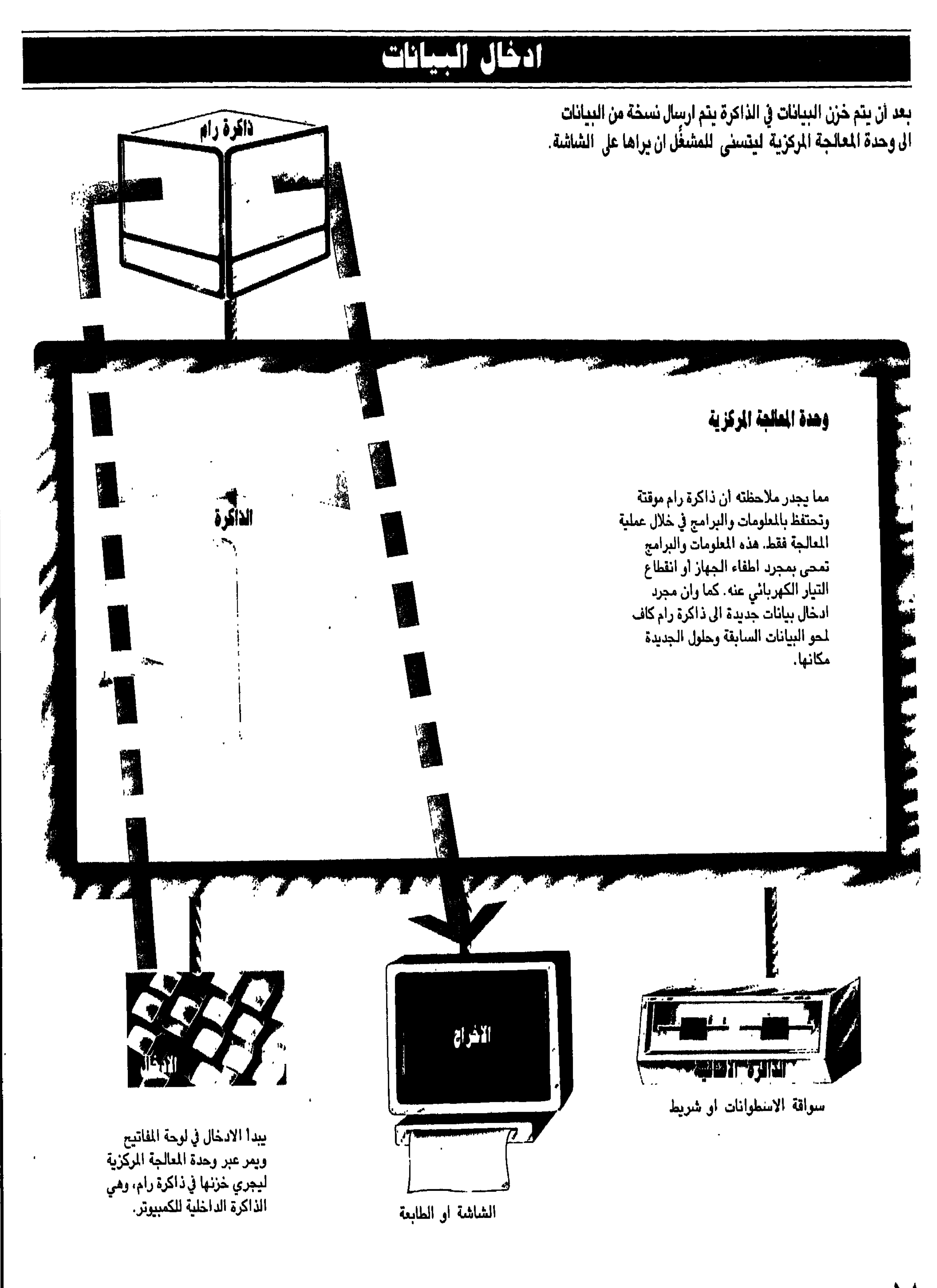
إنّنا نُلاحِظ أنّ برنامج الجردة (وهو بالطّبع برنامج تطبيقيّ) يَتولّى توجيه المُعَدّات الكمبيوتريّة، وهو يقوم بالاتّصال بجميع مُكوِّنات الكمبيوتر بواسطة نظام التّشغيل. كما نُلاحِظ أنّ الوَحدة التي تبدو محوريّة في دورة عمل الكمبيوتر هي وَحدة المُعالَجة المركزيّة التي تُوجِّه جميع التّعليمات والبيانات إلى وجهاتها.

بعد أن تعثر وحدة المعالجة المركزية على الجواب تحيله الى برنامج الجردة الذي يتولى، بدوره، نقل الجواب الى السائل أما عن طريق الشاشة أي مرقاب الكمبيوتر، أو عن طريق الطابعة التي تطبع اللوائح على الورق وفي جميع الحالات فان وحدة المعالجة المركزية هي صلة الوصل بين جميع اجزاء الكمبيوتر.



ادخال البيانات

بعد أن يتم خزن البيانات في الذاكرة يتم ارسال نسخة من البيانات الى وحدة المعالجة المركزية ليتسنى للمشغل ان يراها على الشاشة.



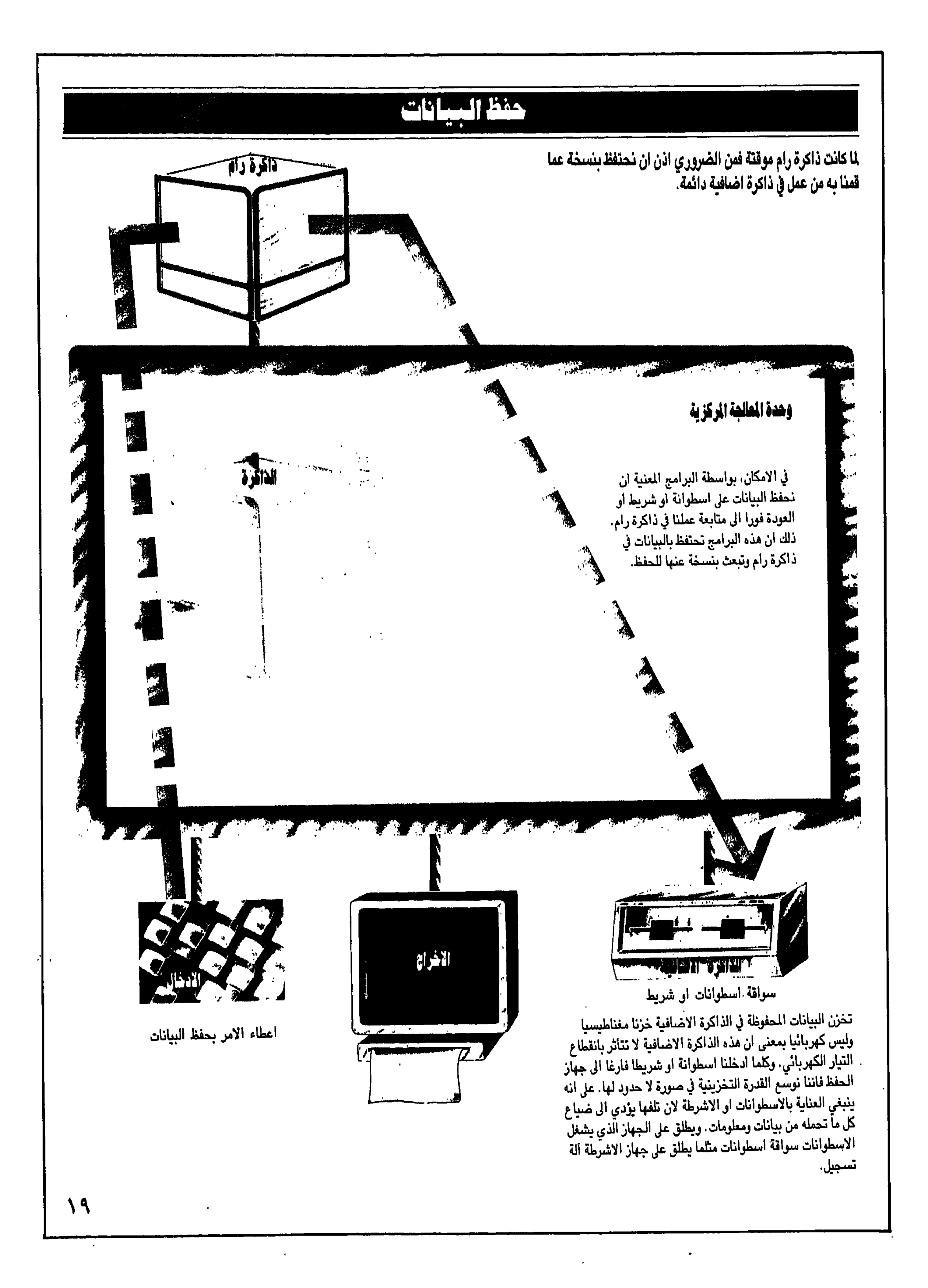
يبدأ الادخال في لوحة المفاتيح ويمر عبر وحدة المعالجة المركزية ليجري خزنها في ذاكرة رام، وهي الذاكرة الداخلية للكمبيوتر.

الشاشة او الطابعة

سواقة الاسطوانات او شريط

حفظ البيانات

لما كانت ذاكرة رام موقتة فمن الضروري اذن ان نحتفظ بنسخة عما قمنا به من عمل في ذاكرة اضافية دائمة.



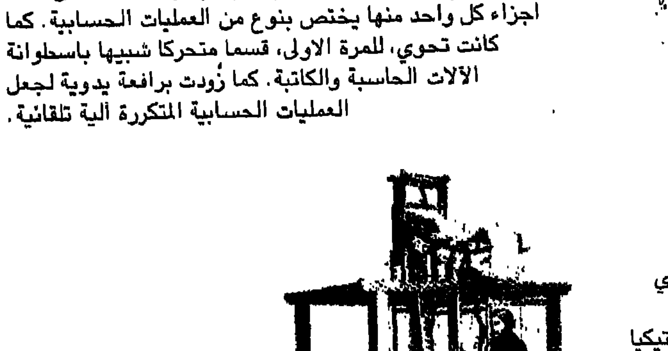
في الامكان، بواسطة البرامج المعنية ان نحفظ البيانات على اسطوانة او شريط أو العودة فورا الى متابعة عملنا في ذاكرة رام. ذلك ان هذه البرامج تحتفظ بالبيانات في ذاكرة رام وتبعث بنسخة عنها للحفظ.

اعطاء الامر بحفظ البيانات

سواقة اسطوانات او شريط

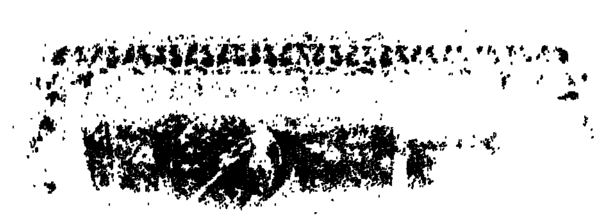
تخزن البيانات المحفوظة في الذاكرة الاضافية خزنا مغناطيسيا وليس كهربائيا بمعنى ان هذه الذاكرة الاضافية لا تتأثر بانقطاع التيار الكهربائي، وكلما أدخلنا اسطوانة او شريطا فارغا الى جهاز الحفظ فاننا نوسع القدرة التخزينية في صورة لا حدود لها. على انه ينبغي العناية بالاسطوانات او الاشرطة لان تلفها يؤدي الى ضياع كل ما تحمله من بيانات ومعلومات. ويطلق على الجهاز الذي يشغل الاسطوانات سواقة اسطوانات مثلما يطلق على جهاز الاشرطة آلة تسجيل.

المراحل التاريخية لظهور الكمبيوتر (٢)



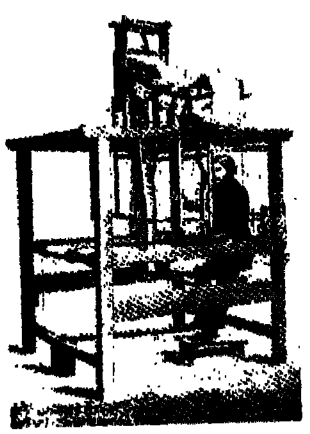
حاسبة بسكال (Pascal's Calculating Machine) (١٦٤٢)

تعمل بمبدأ الدولاب واللسان. كل دولاب مرقم من صفر لغاية ٩ (كقرص الهاتف). تدون الارقام المطلوبة على الدولاب. وكل دولاب له قيمة عددية اي خانة. فهناك خانة للاحاد واخرى للعشرات فالمئات فالالوف الخ... حينما يدور قرص الآحاد ويتجاوز الرقم ٩ يدور دولاب العشرات سنا واحدة، بصورة تلقائية وهكذا دواليك ويتم الجمع بواسطة سلسلة عمليات يدوية تكرارية مضنية ومعقدة حينما يتعدى الامر الجمع.



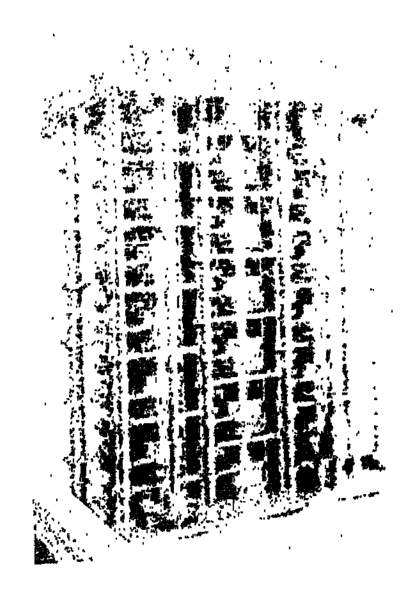
حاسبة لايبنتز (Leibnitz Calculating Machine) (١٦٧٣)

امتازت على حاسبة بسكال بكونها كانت تقوم بعمليات الجمع والضرب والقسمة بسهولة وسرعة. تالفت من ثلاثة اجزاء كل واحد منها يختص بنوع من العمليات الحسابية. كما كانت تحوي، للمرة الاولى، قسما متحركا شبيها باسطوانة الآلات الحاسبة والكاتبة. كما زُودت برافعة يدوية لجعل العمليات الحسابية المتكررة آلية تلقائية.



نول جاكارد (Jacquard Loom) (١٨٠٤)

تمثل هذه الالة بداية الاثر الكبير الذي خلفته الآلات غير الحسابية على ظهور الكمبيوتر. وآلة جاكارد نول يعمل اوتوماتيكيا ويتعامل خلال عمليات الحياكة مع رسمات بالغة التعقيد بمجرد ابدال شرائط مثقبة تتحكم بكل قذفة من قذفات المكوك الحائك. وكان يكفي تبديل الشرائط لتغيير انماط الحياكة. ومن هذه الآلة اخذت فكرة البطاقات المثقبة التي استعملت في اوائل عهد الكمبيوتر.



آلة التفاضل (باباج) (Babbage's Difference Machine) (١٨٢٢)

صممت لتقوم بعمليات الحساب والطباعة نقلا عن جداول رياضية معقدة. تعثر انتاجها ولم تتعد مراحلها الاولى. وكانت كل محاولة لصنعها تجر الى سلسلة تعديلات واعادة تصميم. وبعد عقد كامل من المحاولات توقف الدعم الحكومي المكلف وصرف النظر عن المشروع. تقني طباعي سويدي يدعى بيهر شوتز (Pehr Georg Scheutz) أطلع على التصاميم واستطاع صنع جهاز معدل ناجح بتوجيه من باباج تم عرضه كاول الة حاسبة طابعة في لندن عام ١٨٥٤.



مَا هــو؟	كيفَ يعمَل؟	البيَانات	المعَالج	البَرامج
اللغــة	المنطــق	الــدارات	التـأهيـل	الطرفيات

بعد أن عَرَّفنا بالكمبيوتر ومُكوِّناته وتناولنا عَمَلَهُ ابتداءً من إدخال البيانات وحِفْظِها، نَعرض في هٰذا الفصل كيفيَّة النَّسْخ والنَّقْل.

الفصل الثالث نسخ البيانات من اسطوانة الى اسطوانة اخرى

لما كان هناك احتمال فقدان البيانات نتيجة لفقدان الاسطوانة او تلفها، فانه من الضروري الاحتفاظ بنسخة اخرى من الاسطوانة منسوخة في اكملها، والاحتفاظ بها، بالطبع، في مكان امن.

ان معظم انظمة التشغيل وبعض البرامج التطبيقية تتضمن الاجراءات اللازمة التي تجعل عملية النسخ يسيرة جدا

أصدار الامر بنسخ الاسطوانة

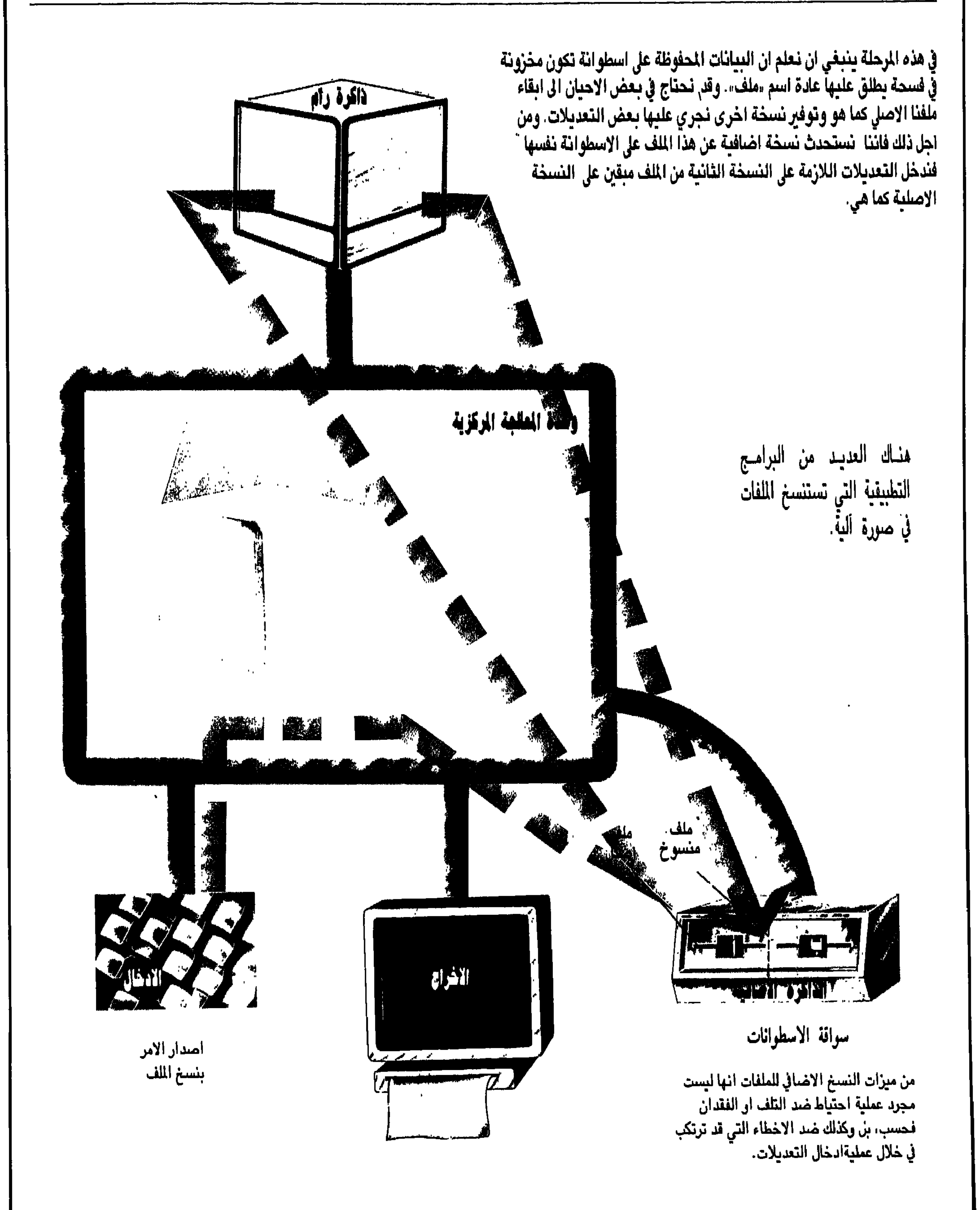
سواقة الاسطوانات

البيانات المنوي نسخها محفوظة على أسطوانة (أ)

نسخة جديدة من البيانات على اسطوانة (ب)

نسخ البيانات | نسخ ملف بأكمله

في هذه المرحلة ينبغي ان نعلم ان البيانات المحفوظة على اسطوانة تكون مخزونة في فسحة يطلق عليها عادة اسم «ملف». وقد نحتاج في بعض الاحيان الى ابقاء ملفنا الاصلي كما هو وتوفير نسخة اخرى نجري عليها بعض التعديلات. ومن اجل ذلك فاننا نستحدث نسخة اضافية عن هذا الملف على الاسطوانة نفسها فندخل التعديلات اللازمة على النسخة الثانية من الملف مبقين على النسخة الاصلية كما هي.



هنـاك العديـد من البرامـج التطبيقية التي تستنسخ الملفات في صورة آلية.

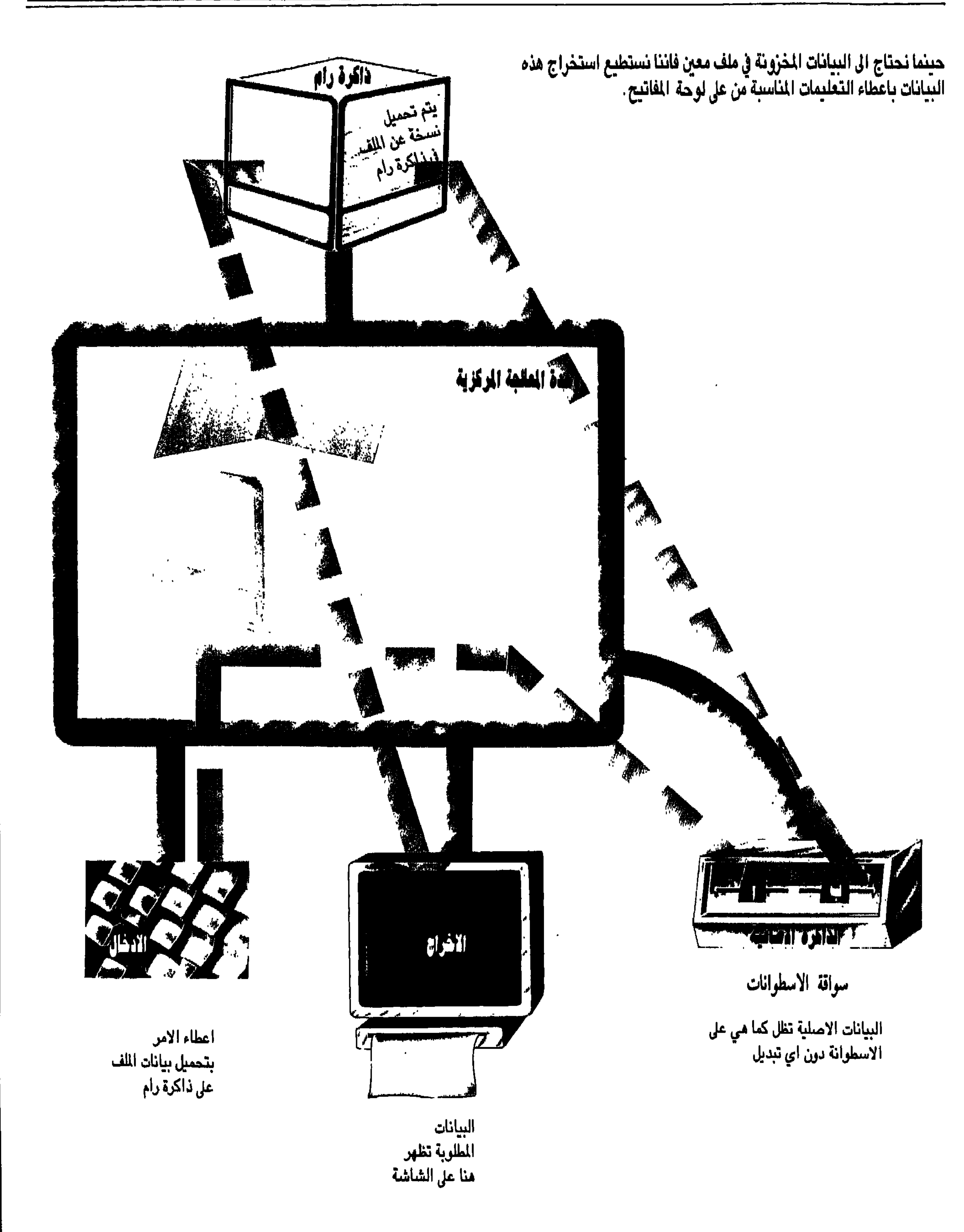
اصدار الامر بنسخ الملف

سواقة الاسطوانات

من ميزات النسخ الاضافي للملفات انها ليست مجرد عملية احتياط ضد التلف او الفقدان فحسب، بل وكذلك ضد الاخطاء التي قد ترتكب في خلال عملية ادخال التعديلات.

استخراج البيانات المخزونة على الاسطوانة

حينما نحتاج الى البيانات المخزونة في ملف معين فاننا نستطيع استخراج هذه البيانات باعطاء التعليمات المناسبة من على لوحة المفاتيح.





تعديل البيانات المستخرجة

قد نجد من الضروري، بعد استخراج نسخة عن البيانات المخزونة في الملف والموجودة في ذاكرة رام والتي نقرأها على الشاشة، ان نعدل في هذه البيانات، كأن نضيف اليها، أو نبدل فيها، أو نحذف منها، بل ان نعيد تصنيفها.

ذاكرة رام

هنا تخزن جميع التعديلات

وحدة المعالجة المركزية

الادخال

الاخراج

الذاكرة الاضافية

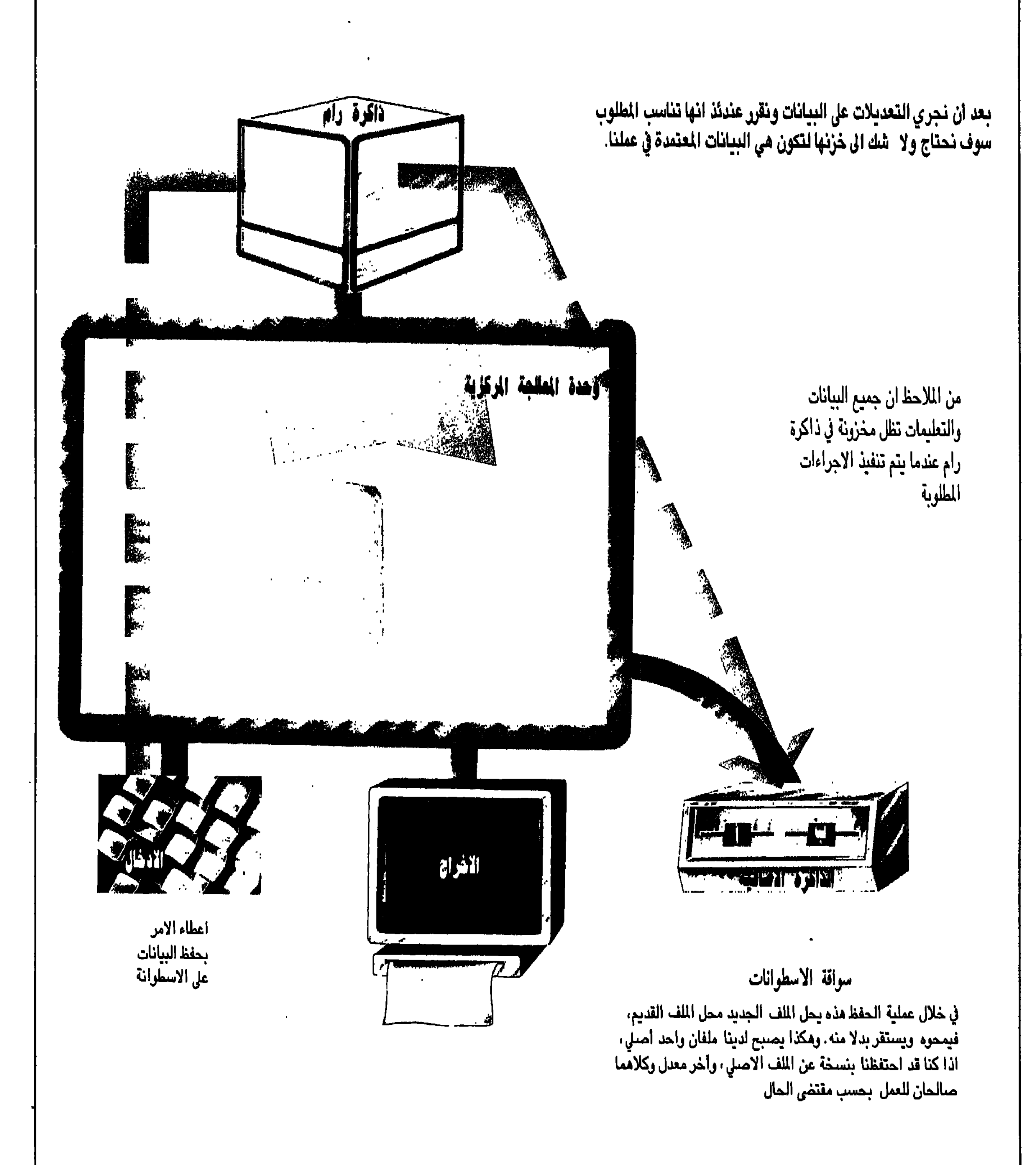
سواقة الاسطوانات

البيانات الاصلية لا تزال
كما هي محفوظة على الاسطوانة

ادخال التعديلات
اللازمة

التعديلات تظهر
على الشاشة

حفظ البيانات المعدّلة





خلافا للامر وفي حال لم نرغب في حفظ التعديلات التي اجريناها على النسخة المحفوظة لدينا من الملف فاننا نصدر الامر بمحو كامل النسخة المعدلة من ذاكرة رام محوا نهائيا.

ذاكرة رام

وحدة المعالجة المركزية

الادخال

الاخراج

سواقة الأسطوانات

اصدار الامر بمحو البيانات المعدلة من ذاكرة رام

ان محو البيانات من ذاكرة رام يجعلها تمحى كذلك من الشاشة

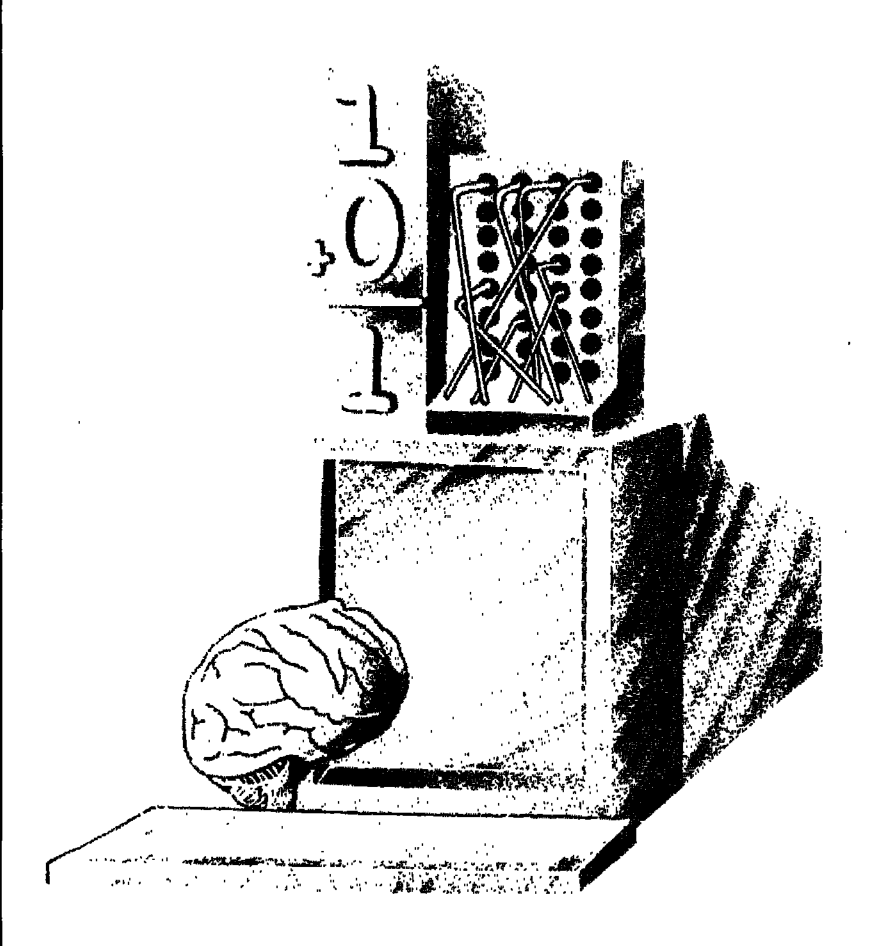
لا بد من الملاحظة هنا اننا لا نزال نحتفظ بنسخة من البيانات الاصلية غير المعدلة والتي لم تتأثر بجميع عمليات التعديل والمحو اللاحقة



ما هـو؟	كيف يعمل؟	البيانات	المعالج	البرامج
اللغـة	المنطـق	الـدارات	التـأهيـل	الطرفيات

في الفصول الثّلاثة الماضية عَرضنا ما هو الكمبيوتر وممّا يتألّف وكيفيّة عمله وطريقة إدخال البيانات وحفظها وتعديلها. وقد أصبحْنا جاهزين الآن للانتقال إلى محطّة أخرى في فهمنا للكمبيوتر وهي لغات الكمبيوتر ابتداءً بالنِّظام الرَّقميّ الثُّنائيّ والرّموز الموضوعة للأحرف والأرقام وطريقة تحويلها تمهيدًا لفهم لغات البرمجة. لكن قبل الإنتقال إلى هٰذه المحطّة الجديدة، فإنّنا سوف نعرض في فصلين جديدين نظرة أكثر عمقًا لمكوِّنات الكمبيوتر وطريقة عمله. ورغم أنّنا نعتبر هٰذين الفصلين ضروريّين وأنّ فهمهما مُيسَّر بعد الفصول التمهيديّة الأولى فإنّ التّعمُّق فيها هو خيار حُرّ وفي إمكان من شاء تجاوزهما بانتظار بلوغنا مرحلة اللُّغات التي يستعملها الكمبيوتر.

الفصل الرابع مكونات الكمبيوتر



هناك جملة عناصر تدخل في تصميم جميع الكمبيوترات صغيرة كانت أم كبيرة، ومن دونها لا يستطيع الكمبيوتر أن يعمل أي لا يمكنه القيام بأعماله الاساسية. ومع أن هذه المكونات تختلف في الحجم بين جهاز وآخر فان لكل منها وظيفة واحدة لا تتبدل بين جهاز وآخر.

العنصر الرئيسي في كل كمبيوتر هو وحدة المعالجة المركزية (Central Processing Unit - CPU) التي هي بمثابة نواة الكمبيوتر بل دماغه والتي تتولى تنفيذ التعليمات وتوجيه حركة البيانات(Data) في خلال عملية المعالجة(Processing). تتولى هذه الوحدة تنسيق حركة المعلومات والقيام بالعمليات الحسابية والمنطقية الفعلية. وهي مصممة بحيث تستطيع أن تتعرف الى مجموعة التعليمات المعينة التي تردها على شكل شيفرة الكترونية وتبلغها بما ينبغي عليها أن تقوم به من مهام محددة.

وتعتمد وحدة المعالجة المركزية على المعلومات والتعليمات المخزونة في نوعين من الذاكرة الكمبيوترية، وهما ذاكرة «روم» (Read - Only Memory - ROM) وذاكرة «رام» (Random Access Memory - RAM). الاولى تظل فيها محتوياتها في صورة

دائمة وبدون تبدل حتى عندما يتم توقيف الجهاز أي اطفاؤه. والثانية تتضمن معلومات يمكن تبديلها بحسب الطلب وتمحى من الذاكرة بمجرد اطفاء الجهاز.

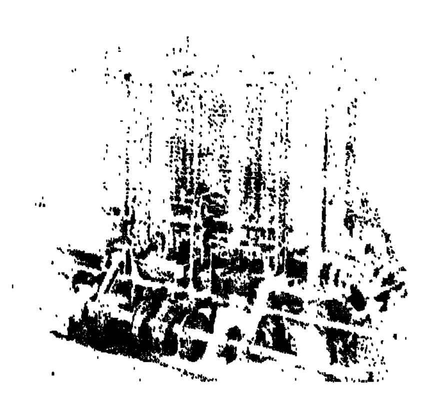
اضافة الى ذلك يتضمن الكمبيوتر ساعة (Clock). هذه الساعة مهمتها توقيت العمليات الداخلية بواسطة نبضات تصدرها. كما يتضمن الكمبيوتر سككا (Buses)، وهي الدارات الالكترونية (Circuits) التي تربط مكونات الكمبيوتر بعضها بالبعض الاخر مما يجعلها أشبه بسكة تنتقل بواسطتها التعليمات والبيانات من مكان الى آخر داخل الكمبيوتر. كذلك يتضمن الكمبيوتر منافذ(Ports) للادخال (Input) والاخراج (Output) والتي يتم عبرها دخول وخروج البيانات من والى الكمبيوتر.

على أن بعض الكمبيوترات يتضمن اضافة الى ذلك اداتي تحكم (Control). الاولى تحكم وحدة الادخال والاخراج (I/O Controller) وغالبا ما توجد في الكمبيوترات التي يستعملها أكثر من شخص في الوقت ذاته ومهمتها تخفيف الضغط عن وحدة المعالجة المركزية بأن تتولى العمليات الروتينية في مجال الادخال والاخراج. والثانية وحدة تحكم الولوج المباشر للذاكرة (Direct Memory Access - DMA) ومهمتها أن تتجاوز عند اللزوم وحدة المعالجة المركزية وتأمين اتصالات مباشرة بين ذاكرة «رام» والاجهزة الطرفية. وهكذا فحينما ترد الى الكمبيوتر معلومات خارجية عبر منافذ الادخال والاخراج فانها تعبر السكك نحو وحدة المعالجة المركزية التي تختزن البيانات في ذاكرة «رام».

وقد تستخرج وحدة المعالجة المركزية هذه البيانات في وقت لاحق من أجل المعالجة وذلك استنادا الى التعليمات المحددة المخزونة في الذاكرة، كما ويمكن الاحتفاظ بنتائج المعالجة في الذاكرة أو ارسالها بواسطة منفذ الاخراج الى جهاز طرفي كذاكرة اضافية ليجري خزنها، او الى الطابعة لطباعة النتائج، أو الى جهاز آلي كالراديو لتملي عليه القيام بعمل معين، اي ان يعمل في ساعة معينة.

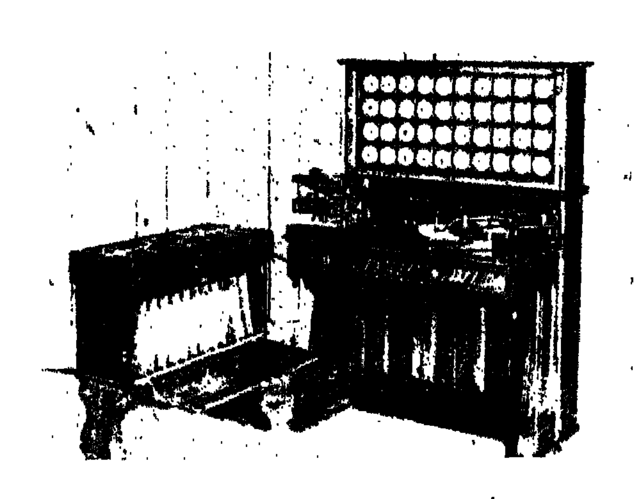
المراحل التاريخية لتطور الكمبيوتر (٣)

الآلة التحليلية (باباج) (Babbage's Analytical Machine) (١٨٣٤).



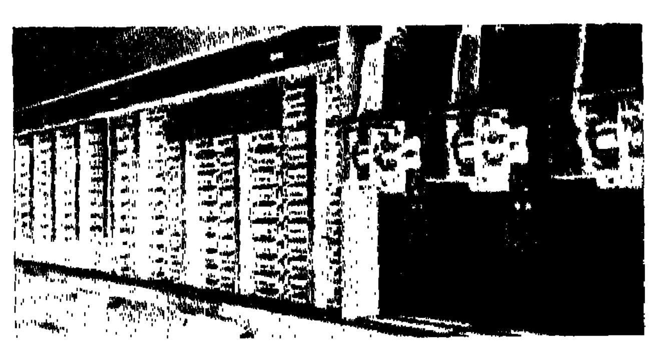
لم يثن فشل باباج في صنع آلته التفاضلية عن تصميم آلة اخرى اكثر تعقيدا. كان الهدف من التصميم الجديد عدم الاقتصار على نوع واحد من العمليات الحسابية بل تعداه الى تمكين الآلة من القيام بمهام عدة استنادا الى تعليمات المشغل. وبذلك حملت هذه الآلة بذور الكمبيوتر المبرمج المتعدد المهام. لكن امكانات ذلك العصر جعلت من المستحيل صنع الآلة. ويكفي ان حجمها كان سيصل الى حجم قطار.

مبوّب هولاريث (Hollerith Tabulator) (١٨٩٠)



آلة حسابية تعمل بالبطاقات المثقوبة صممت ونفذت بنجاح واستخدمت في احصاء سكان الولايات المتحدة عام ١٨٩٠. كان قوام الآلة ابر معدنية تتبع الثقوب وتمر فيها لتغلق دارة كهربائية متصلة بسلسلة ساعات مرقمة تفيد كل منها الى الرقم الذي سلكت الابرة عبره.

حاسبة هارفارد «مارك ١» (Harvard Mark 1) (١٩٤٣)



صنعها هوارد آيكن، (Howard Aiken)، من جامعة هارفارد، بالاشتراك مع شركة «أي. بي. ام» وهي تعمل بمبدأ البطاقات المثقوبة وتستطيع طباعة النتائج بواسطة آلة كاتبة حرارية. وكانت تقوم بالعمليات الحسابية الاربع من جمع وطرح وضرب وقسمة وكذلك تحليل الجداول الحسابية بسرعة ١٠ عمليات جمع في الثانية. ورغم انها كانت آلة ميكانيكية حرارية فقد شكلت محطة رئيسية في تقريب موعد ظهورر الكمبيوتر الالكتروني. وقد بلغ طولها حوالي ١٥ مترا وارتفاعها ٢،٤ امتار.

كمبيوتر انياك (ENIAC) (١٩٤٦)



اول كمبيوتر الكتروني. صنعه برسبر ايكرت (Presper Eckert) وجون موكلي (John Mauchly) من جامعة بنسلفانيا. وكان جهازا متعدد الاغراض قادرا على انجاز ٥٠٠٠ عملية جمع في الثانية الواحدة وهي سرعة تعادل الف ضعف سرعة الالات الحاسبة الميكانيكية الحرارية المتوافرة في السوق آنذاك. وكان قوام الآلة ١٨،٠٠٠ انبوب مفرغ متصلة بنصف مليون وصلة لحام وبلغت زنتها ٣٠ طنا واحتلت مساحة ٧ × ١٥ مترا مربعا.



ما هو؟	كيف يعمل؟	البيانات	المعالج	البرامج
اللغة	المنطق	الدارات	التأهيل	الطرفيات

في عرض تذكيريّ للفصول الثّلاثة الأولى الأساسيّة والتي تناولت ماهيّة الكمبيوتر ومُكوِّناته وكيفيّة عمله، تناولنا في الفصل السابق مُراجَعة مُعمَّقة لمُكوِّنات الكمبيوتر، ونتابع في هٰذا الفصل المُراجَعة بعرض دور البرامج في إدارة الكمبيوتر وتجميع مُختلِف مُكوِّناتِهِ في نظام واحد مُبَيِّنينَ عَلاقة هٰذه المُكوِّنات بعضها ببعضٍ.

الفصل الخامس كيف تتولى البرامج زمام الامور؟

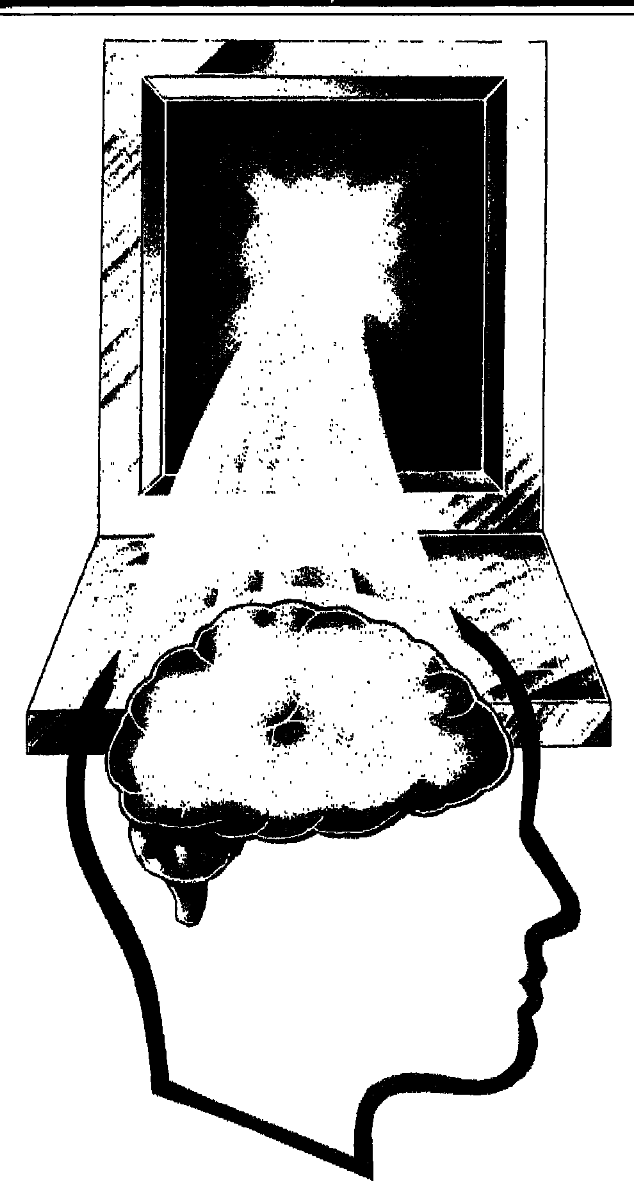
يشبّه البعض العلاقة بين البرامج والمعدات في الكمبيوتر بأنها أشبه بالعلاقة بين الروح والجسد. فالمعدات لا تستطيع أن تؤدي مهامها ما لم يتوافر للكمبيوتر برنامج يتولى الزمام ويملي عليها ما ينبغي أن تفعله.

وهي أي البرامج، تستطيع أن تقوم بذلك كونها مجموعة تعليمات وبيانات يتبعها الكمبيوتر لتنفيذ مهامه. وسواء أكان الكمبيوتر منزليا شخصيا أم كبيرا في وكالة فضائية فدور البرامج فيه واحد لا يتبدل مع فارق واحد هو أن البرامج في الكمبيوتر المنزلي قد تصل الى مئات الاسطر وقد لا تتعدى بضعة أسطر. في حين انها في وكالة الفضاء ومن اجل تنظيم رحلة مكوكية قد تصل الى ما لا يقل عن نصف مليون تعليمة مستقلة تتراوح مهمتها بين مراقبة وتنظيم عمليات المكوك ابتداء باطلاقه والتحكم بطيرانه وانتهاء بأنظمة الحياة فيه. والواقع أن كتابة مثل هذه البرامج المعقدة يمكن اعتبارها من عجائب العالم المعاصر بل هي انجاز يوازي بناء الاهرامات رغم أن مكونات العمارة في البرامج هي خطوات منطقية وليست لبنات حجرية.

وينقسم اداء الكمبيوتر الى ثلاث مراحل: الادخال(Input) والمعالجة (Processing) والاخراج (Output). بمعنى أننا ندخل الى الكمبيوتر بيانات(Data) معينة، حيث تتم معالجتها في طريقة معينة لنتوصل الى نتائج معينة.

فأجهزة الادخال كلوحات المفاتيح مثلا، تتيح تلقيم المعلومات والبرامج للكمبيوتر. وتحتفظ ذاكرة الكمبيوتر الموقتة «رام» بالمعلومات والبرامج في خلال عملية المعالجة، في حين أن أجهزة الاخراج تعرض النتائج. وفي بعض الحالات توجد أجهزة تخزين خارجية كالاسطوانة والاشرطة تسمح لنا بان نحتفظ بالمعلومات مخزنة لفترات طويلة في صورة الكترونية وعلى هيئة ملفات. وتمتاز هذه الاجهزة بأنها تجمع بين مهام أجهزة الادخال والاخراج معا، ذلك أن الكمبيوتر يستطيع أن ينسخ المعلومات المحفوظة على الاسطوانة وينقلها الى الذاكرة الموقتة لاتمام عملية المعالجة ومن ثم ينقل، من جديد، نتائج المعالجة على الاسطوانة أو الشريط لاعادة حفظها.

وتتألف البرامج عادة من مجموعة متتالية من هذه الشيفرات. وحينما نتولى تسيير البرنامج تقوم وحدة المعالجة المركزية بتنفيذ هذه التعليمات الواحدة تلو الاخرى في سرعة فائقة.



بعض البرامج الاساسية يخزن ضمنيا في صورة دائمة في ذاكرة «روم» التي لا يمكن محوها أو الكتابة عليها. وحينما ندير الكمبيوتر تقوم

التقنية الكمبيوترية: دورة عمل كاملة

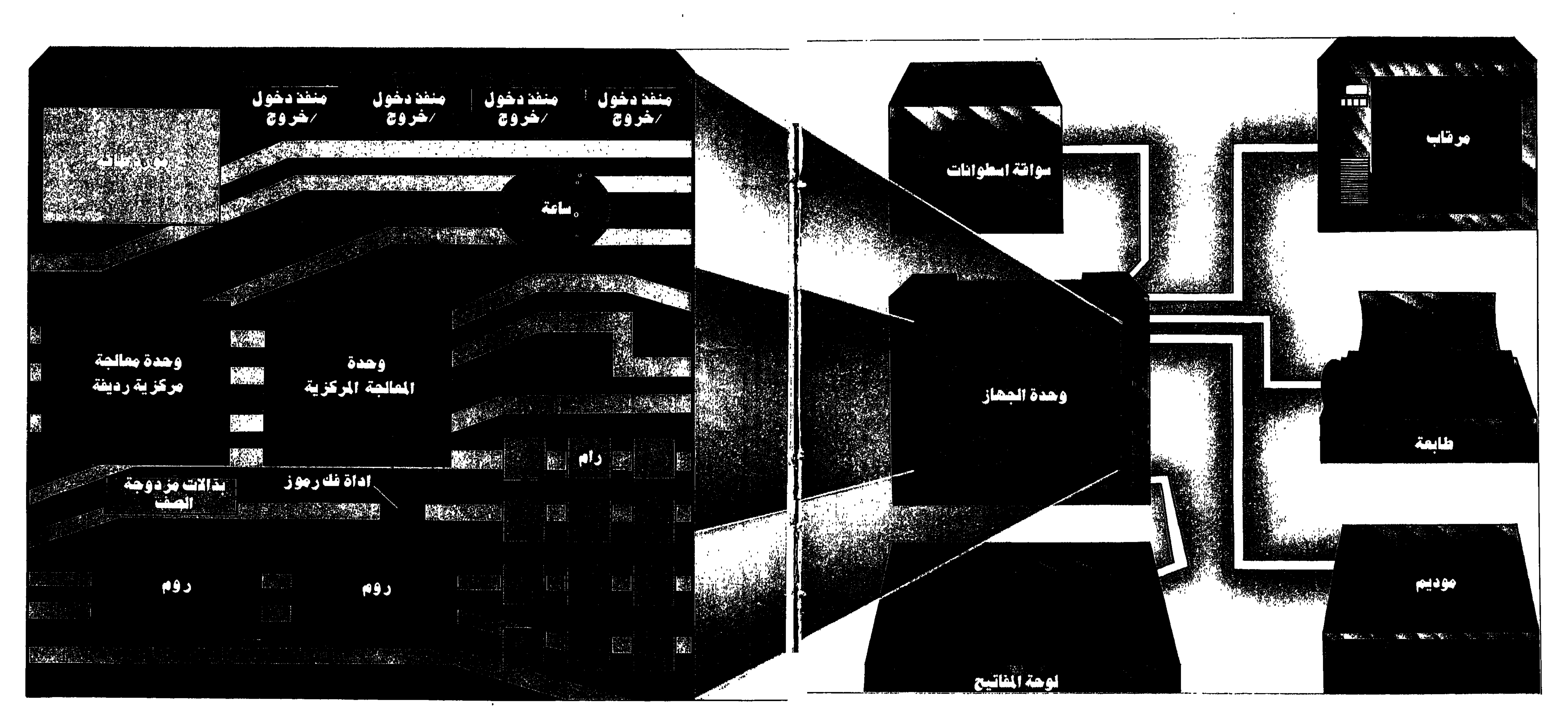
الرسم التخطيطي المرفق مع هذا النص يعطي فكرة واضحة عن دخائل الكمبيوتر الشخصي ومكوناته وعملياته. وايا كان نوع الآلة وطرازها واسم الشركة المصنعة لها فهي واحدة من حيث التصميم والتكوين. والعمليات التي تجرى فيها تتم وفق ما هو مبين في هذا الرسم. فهناك لوحة المفاتيح لادخال البيانات او التعليمات، والمرقاب القيديوي (الشاشة) والطابعة وهما الوسيلتان النموذجيتان للاستحصال على المعلومات. كما وان معظم الاجهزة تحتاج الى ما يماثل سواقة اسطوانات، اي وسيلة للحصول على تسجيلات دائمة او لتشغيل برامج اضافية. وفي كثير من الاحيان نحتاج الى جهاز موديم يسمح بارسال المعلومات وتلقيها عبر خطوط الهاتف. وجميع هذه الاجهزة يتم ربطها بالجهاز الاساسي للنظام الكمبيوتري والذي بدوره، يحتوي على مكونات الكمبيوتر الالكترونية والمبينة على لوحة الجهاز كما هي مضخمة على الصفحة المقابلة بقصد الايضاح.

وحدة المعالجة المركزية مثبتة في لوحة الجهاز، وهي ميكرو معالج، اي معالج مصغر يتولى توجيه عمليات الكمبيوتر. ذلك ان كل تعليمة ينبغي تفحصها من قبل وحدة المعالجة المركزية (واحيانا من قبل وحدة معالجة رديفة) قبل اتمام تنفيذها. اضافة الى ذلك فهناك عنصر رئيسي آخر في لوحة الجهاز وهو ساعة من كريستال الكوارتز التي تنسق الردود الواردة من مختلف الدارات الالكترونية في الكمبيوتر. فحينما ندير الجهاز تتأثر قطع الكريستال المحددة اطرافها في دقة بالتيار الكهربائي فيتشوه شكلها او تأخذ بالارتجاج وبمعدل ثابت يصل احيانا الى ملايين المرات في الثانية الواحدة. عندها ومع كل اهتزاز يبث الكريستال نبضة كهربائية ذات شدة كهربائية معينة (اي بفولت معين). هذه النبضات المنتظمة تتحكم بوتيرة العمل في الكمبيوتر وتضمن انتظام الدارات الكهربائية وعدم تخطيها الحدود المرسومة لها. على ان لبعض الساعات اكثر من نمط واحد من النبضات الكهربائية وهي معدة بهذا الشكل من اجل تنظيم عمل بعض الاقسام التي تتطلب سرعات متفاوتة عن غيرها.

اما المنافذ التي يتم عبرها ادخال واخراج البيانات من الكمبيوتر فتقع بدورها على لوحة الجهاز وكذلك الامر بالنسبة الى ذاكرتي روم ورام.

الى جانب ذلك تتضمن لوحة الجهاز عنصرا رئيسيا آخر هو مصدر طاقة كهربائية يتم بواسطته تحويل التيار المتناوب الى تيار دائم مستمر.

وتحتفظ شرائح الذاكرة بالمعلومات على صورة ارقام ثنائية هي البتات، والمرمزة على شكل شحنات كهربائية. ويتمّ حفظ هذه الشحنات في اماكن معينة، او عناوين، من كل شريحة، وعلى هيئة أرقام ثنائية ايضا. وتخرج التعليمات من وحدة المعالجة المركزية على صورة شحنات كهربائية مرمزة لتبحث عن عناوين معينة. وحينما يتمّ العثور على المعلومات تعود بدورها كرموز كهربائية، الى وحدة المعالجة المركزية لمعالجتها. وتعبر الرموز العنوانية على اسلاك متوازية يطلق عليها «سكك عنونة»، في حين تعبر المعلومات على «سكك بيانات». وتتولى كل من اداة فك الرموز وبدالات العنونة المزدوجة الصف (DIP Switches) حل رموز العناوين وتوجيه النبضات الكهربائية الى وجهات سيرها.

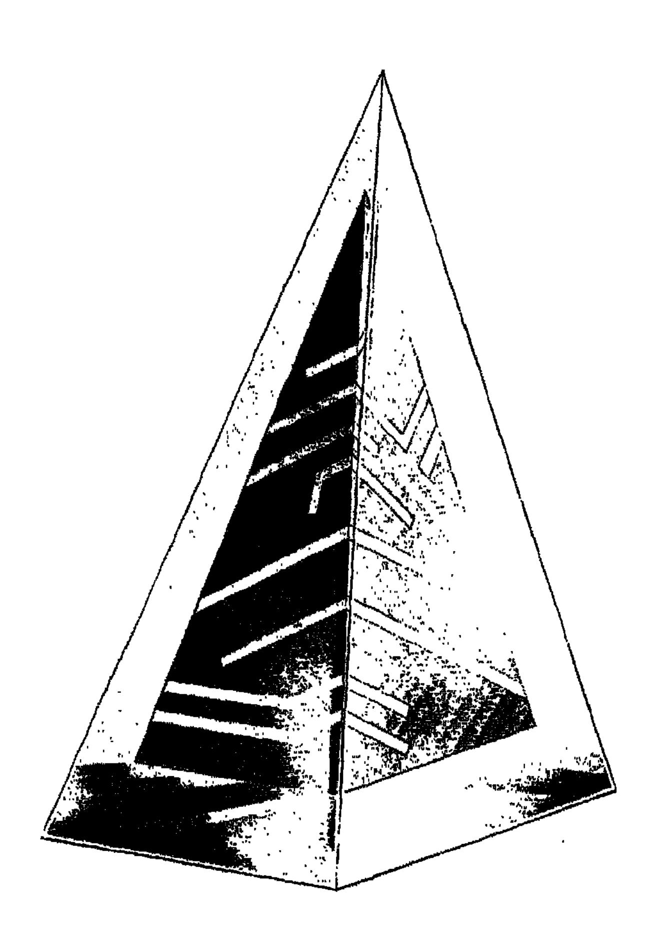


البرامج الضمنية هذه بتلقين وحدة المعالجة المركزية بالتعليمات الاولية اللازمة للانطلاق، كما وتفيدها بكيفية عثورها على نظام التشغيل (Operating System) الكائن على أسطوانة أو شريط ونقله الى الذاكرة المؤقتة لاستعماله للمعالجة. وابتداء من هذه اللحظة يتولى نظام التشغيل زمام الامر في الكمبيوتر ويرسم لمشغل الكمبيوتر سلسلة الاوامر التي يحتاج اليها والتي يستجيب لها الكمبيوتر والتي تتيح للمشغل ان يتحكم بسير عمل الجهاز.

الادخال: إن لوحة المفاتيح من أكثر الاجهزة شيوعا على صعيد ادخال المعلومات والتواصل مع الكمبيوتر. فالبرنامج الذي يسير الالة يستطيع أن يتعرف الى التعليمات التي نلقنها للكمبيوتر والتي تكون عبارة على ضربات معينة على مفاتيح اللوحة معتبرا اياها اما معلومات يتصرف بموجبها أو بيانات ينبغي معالجتها. ويمكن ادخال البرامج البسيطة بواسطة لوحة المفاتيح. على أن البرامج الطويلة والمعقدة تلقن لذاكرة الكمبيوتر بواسطة سواقة أسطوانات تقوم بنقل المعلومات المخزنة عليها الى الآلة. وتعد هذه الاسطوانات على شكل خطوط دائرية تمكنها من الاحتفاظ بما يسجل عليها من بيانات او معلومات، على شكل اشارات ممغنطة يستطيع الكمبيوتر قراءتها.

المعالجة: تتولى وحدة التحكم التي تتضمنها وحدة المعالجة المركزية توجيه خط سير العمليات، في حين تقوم الوحدة الحسابية المنطقية (Arithmetic Logic Unit) باجراء الحسابات والعمليات المنطقية اللازمة. وحينما يكون الجهاز دائرا والبرنامج ناشطا في الكمبيوتر، يستقر البرنامج في الذاكرة المؤقتة (رام) كي تتمكن وحدة المعالجة المركزية من جلب التعليمات في صورة متتالية واحدة تلو الاخرى. اما البرامج المستقرة في صورة دائمة في ذاكرة روم فهي تؤمن الاوامر اللازمة لادارة الجهاز وتشغيله وكذلك التعليمات اللازمة لتأمين الاتصالات اللازمة مع اجهزة الادخال والاخراج. وكثيرا ما تزود ذاكرة روم باحدى لغات البرمجة (مثل لغة البيسيك(Basic) والتي تتيح للمشغل البرمجة المستقلة وكذلك القيام ببعض المهام كمعالجة الكلمات (Word Processing) وتحرير النصوص(Text Editing) .

الاخراج: تتيح وحدة العرض المرئي اي الشاشة او المرقاب (Video Monitor) رؤية نتائج العمليات التي تمت معالجتها في صورة تصويرية. ويقوم الكمبيوتر عادة بعرض ما تم ادخاله من تعليمات أو معلومات بواسطة لوحة المفاتيح بالاضافة الى ردوده هو على عملية الادخال على شاشة الكمبيوتر. وتتبدل الشاشة في صورة سريعة كلما قام البرنامج بتنفيذ جزء من مهامه متيحا مجالا سريعا للتفاعل بين المستخدم والجهاز. وتتولى الطابعة (Printer) اصدار نسخة ورقية مادية للعمل المعالج. كما وتستطيع بعض الكمبيوترات عرض النتائج صوتيا بواسطة صوت اصطناعي أو باشارات الكترونية معدة خصيصا للروبوتات أو الاقمار الاصطناعية والصواريخ وسفن الفضاء.





في ختام معالجتنا لمُكوِّنات الكمبيوتر نَعرض للشّريحة التي تُشكِّل الأساس الحقيقيّ للكمبيوتر. فما هي الشّريحة وعلى ماذا تحتوي ومِمَّ تتكوَّن وكيف تُصنَع؟

الفصل السادس — الشريحة... اعجاز في التصغير

شريحة الكمبيوتر رقاقة صغيرة مصنوعة من بلور السيليكون (Silicon) لا يزيد حجمها عن ظفر اليد واحيانا اصغر ولا تزيد سماكتها عن نصف ملمتر وتتضمن الوف الدارات الالكترونية الفائقة الصغر والمدمجة (Integrated Circuit) والتي لا ترى بالعين المجردة.

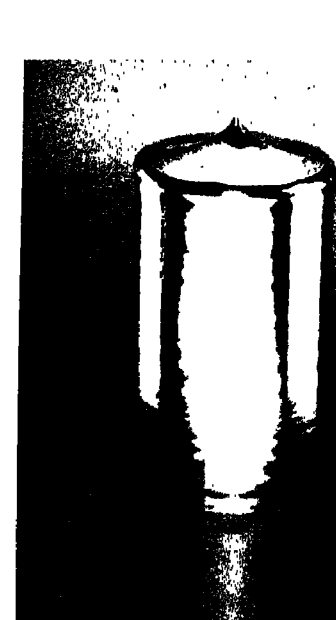
والسيليكون مادة موجودة بكثرة في القشرة الارضية ومن ميزاتها انها، اذا ما عولجت ببعض المواد كالفوسفور، تصبح صالحة لنقل الكهرباء، دون ان ترتفع حرارتها، مما يؤهلها لتكون الخلفية التي تصنع منها الشرائح. اما سرعة نقل الكهرباء في الشريحة فهي نصف سرعة الضوء لذلك يطلق عليها «نصف ناقلة» (Semiconductor).

يؤخذ السيليكون الى مختبرات تامة النقاء وينقى مما يحتويه من رمل، ثم يذوّب وتصنع منه «صبة» (Ingot) نقية بنسبة ٩٩،٩٩٩٩٩٩٩٩ فان بقاء حبة رمل واحدة في الشريحة يعرضها للتلف. بعدها تقطع الصبّة الى رقائق (Wafers) بواسطة اشعة الليزر او بمنشار ماسي، ومن ثم تغمس الرقائق في المواد التي تجعلها ناقلة للكهرباء. بعد ذلك كله تخضع الشرائح لعملية تدقيق صارمة لاختيار الصالح ورمي الفاسد. وحينما يتم وضع الدارات المدموجة على الرقاقة تصبح شريحة (Chip).

وتتضمن كل شريحة مئات الالوف من الدارات في صورة مكتظة ومكثفة. وكل دارة تحوي ثلاثة عناصر هامة وهي: مقاوم (Resistor) يقاوم سريان الكهرباء، ومكثف (Capacitor) يخزن الشحنات الكهربائية ويكثفها، واخيرا والاهم، الترانزيستور (Transistor)، الذي يستطيع تضخيم شدة التيار وتشغيله او ايقافه مما يؤهل الشريحة لفهم لغة الكمبيوتر الرقمية الثنائية. هذه العناصر الثلاثة تشكل ما يطلق عليه اسم خلية ذاكرة (MemoryCell).

وكانت الكمبيوترات في اوائل عهدها تعتمد على دارات كهربائية على شكل انابيب مفرغة، (Vaccum Tubes) ثم اعتمدت على الترانزيستورات واخيرا الدارات المدمجة او الشرائح، الامر الذي جعل الالكترونيات اقل كلفة و اصغر حجما بالاضافة الى كونها متعددة المنافع واكثر وثوقا. وحينما امكن صنع وحدة معالجة مركزية صغيرة، بفضل الشرائح، حصل التطور الهام بظهور الكمبيوتر الشخصي الذي وضع الكمبيوتر في متناول كل شخص وبسعر زهيد.

وفي حين لم تكن ذاكرة الكمبيوتر تتسع في اوائل الخمسينات لعدة الاف من البتات فان بعض كمبيوترات اليوم تستطيع ان تخزن ملايين البتات، اي دائرة معارف بأكلمها.



صبّة نقية من كريستال السيليكون. ان صبّة واحدة طولها قدمين وقطرها ست بوصات تكفي لصنع اكثر من مليون شريحة. ورغم ان السيليكون ذو لون رمادي باهت فان سطحه الزجاجي الاملس يعكس ازرقاق الخلفية

ويستقر كل بت في خلية ذاكرة. بمعنى انه اذا كانت الشريحة تحتوى مثلا على ٢٥٦ كيلوبتا (كل كيلو = ١٠٢٤ في النظام الرقمي الثنائي اي ٢ مضروبة بالقوة ١٠) فمعنى ذلك انها قادرة على خزن ٢٦٢١٤٤ بتا اي ٣٢٧٦٨ حرفا اورقما.

وبوجود وحدة فك الترميز في وسط الشريحة فان هذه الوحدة قادرة على قراءة مضمون الخلايا عموديا وافقيا. وعندما تطلب وحدة المعالجة المركزية من الشريحة استدعاء معلومات معينة منها فان اداة فك الرموز تستطيع القيام بذلك في خلال فترة لا تتجاوز جزءا من مليون من الثانية.

كيف يبدو الكمبيوتر على الشريحة

لا تجتمع عادة جميع مكونات الكمبيوتر في شريحة واحدة بل تتوزع على عدة شرائح، حيث لكل شريحة وظيفتها المحددة. فالكمبيوتر المنزلي، على سبيل المثال، يتضمن ما لا يقل عن نصف دزينة شرائح، في حين ان حاسبة الجيب تجمع جميع الوظائف على شريحة واحدة. عندها تصبح هذه الشريحة اشبه بكمبيوتر كامل على شريحة. مثل هذه الشرائح الكلية تستعمل كذلك في اجهزة الهاتف والسيارات وبعض التطبيقات المنزلية والالعاب.

الشرائح الكلية

ان هذه الشريحة الصغيرة(الصورة) هي نسخة حديثة لشريحة TM 1000 التي طورتها شركة «تكساس انسترومنتس» في النصف الاول من السبعينات ولها اهمية تاريخية، اذ انها اول شريحة تجمع جميع العناصر الاساسية للكمبيوتر. وكانت تباع آنذاك بسعر لا يتعدى ٦ دولارات. وقد جاء تصنيعها ليوسع من افق استعمال الميكروالكترونيات ولتشمل بالتالي واجهات السيارات والتطبيقات المنزلية والهاتف وغير ذلك. والنموذج الذي نحن في صدده هو لحاسبة جيب لا يتعدى حجمه ٤ في المائة من بوصة مربعة مغطاة بغشاء بلاستيكي واق (رفع قليلا في الصورة لكشف وجه الشريحة) ومحاطة باطار عنكبوتي الشكل مكون من موصلات معدنية لنقل الاشارات الكهربائية من الشريحة واليها. ويتصل الاطار بصفّين من الاوتاد المعدنية التي تستعمل لتثبيت الشريحة في موقعها داخل الجهاز. وتضم هذه الشريحة:

١ ـ ذاكرة «روم» وتتضمن ١٠٢٤ بتا (كل ثمانية بتات تشكل حرفا او رقما في لغة الكمبيوتر الرقمية الثنائية، وكلمة Bit من Binary Digit اي الرقم الثنائي) هذه الذاكرة هي عبارة عن تعليمات مخزونة في صفة دائمة في الشريحة وتفيد لتشغيل الحاسبة.

٢ ـ ذاكرة «رام» وهي قادرة على خزن ٢٥٦ بايت بيانات تعتبر كافية لعمل الحاسبة.

٣ ـ **ضابط مفكك الرموز** (Control Decoder) مهمته فك رموز التعليمات المخزونة في ذاكرة «روم» وترجمتها الى خطوات مفصلة لتكون مفهومة لدى الوحدة الحسابية المنطقية.

٤ ـ **وحدة حسابية منطقية** تقوم بالعمليات الحسابية الفعلية. واداة فك الترميز والوحدة الحسابية المنطقية هما في الواقع وحدة المعالجة المركزية.

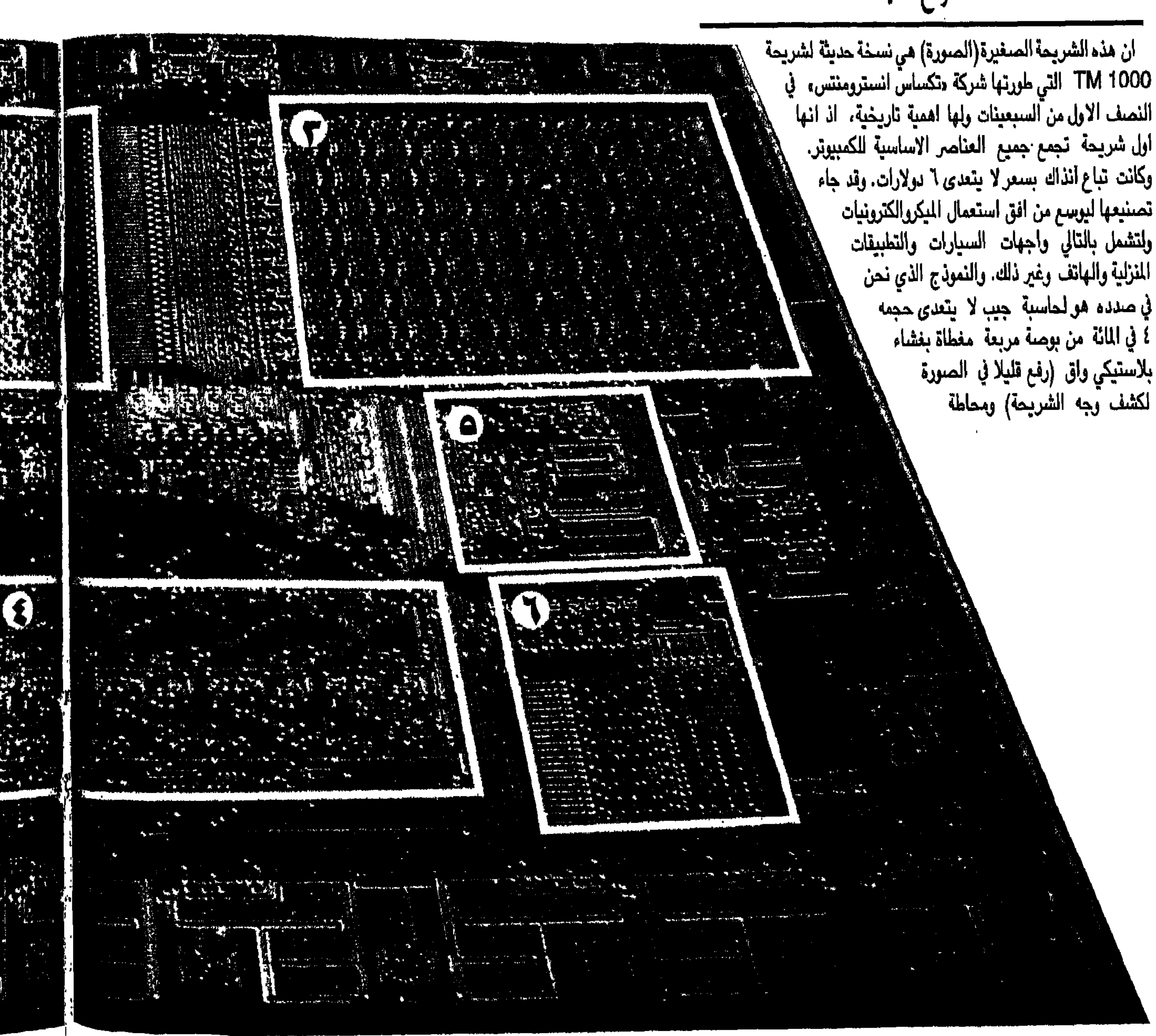
٥ ـ **ساعة** تصل الشريحة بقطعة من الكريستال المصنوع من الكوارتز، تنتظم عند اهتزازها عمليات الشريحة في صورة منسقة.

٦ ـ **وحدة الادخال الاخراج** والتي تتولى الاتصالات بالاجهزة الموجودة في الجزء الخارجي من الحاسبة كلوحة المفاتيح وشاشة العرض المكونة من الكريستال السائل.

شرائح الكمبيوتر المنزلي

ان الحد الادنى من الشرائح الاساسية في كمبيوتر منزلي لا يقل عن ست، وهي:

* **شريحة الساعة** (Clock Chip) تراقب النبضات المنتظمة الصادرة عن قطعة كريستال والتي تُهيّج كهربائيا، فتبث في دورها نبضات تؤدي الى توقيت ملايين العمليات الكمبيوترية التي لا تتعدى الواحدة منها بضعة اجزاء من الثانية.



كمبيوتر كامل على شريحة لا يتعدى حجمها ٤ بالمئة من البوصة. الى اليمين صورة مكبرة للشريحة لتبيان مكوناتها

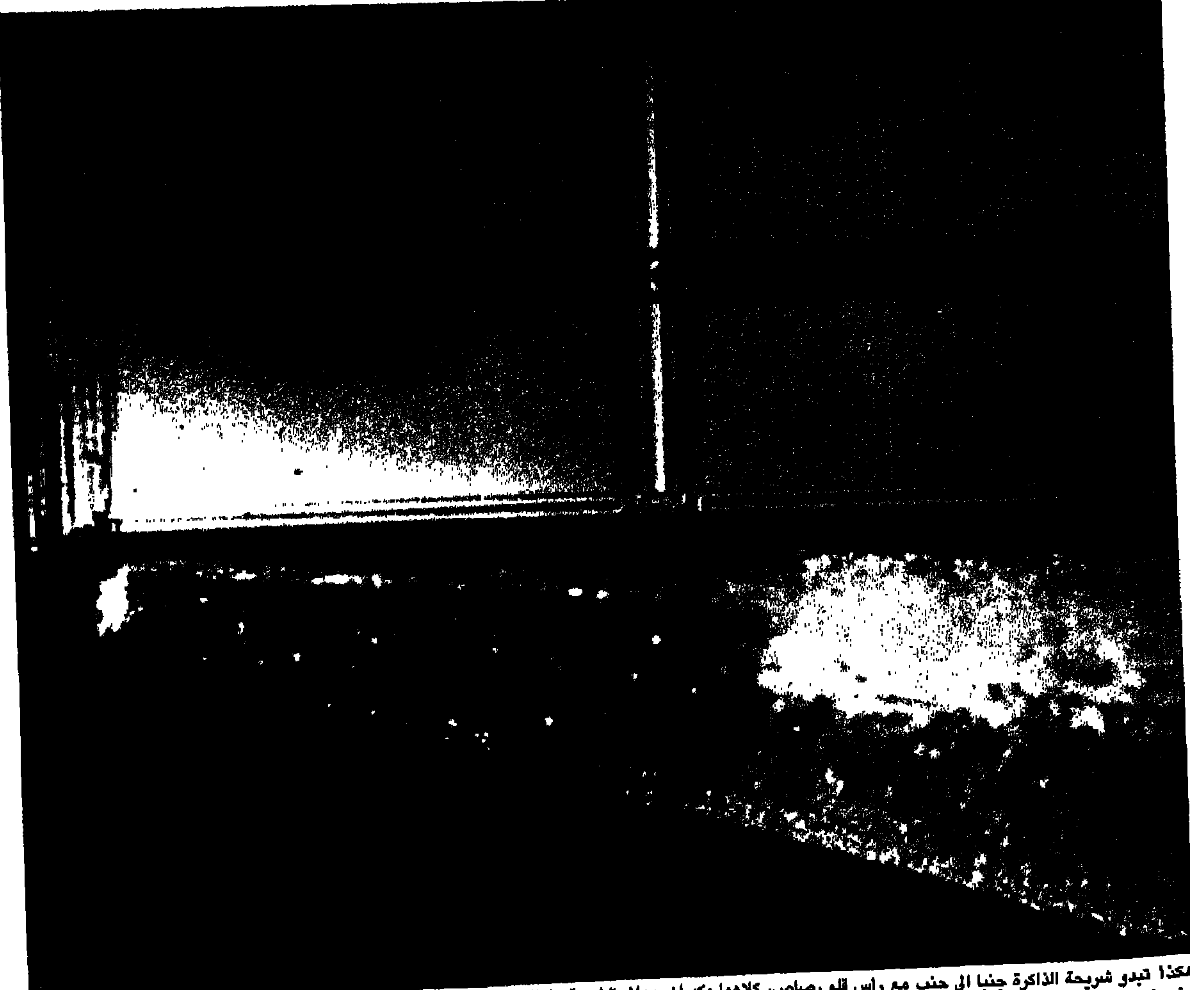
* **الشرائح البينية (Interface Chips)** وتتولى ترجمة الاشارات الواردة وابرزها لمسات الاصبع فوق لوحة المفاتيح والتي هي بمثابة تعليمات، الى لغة ثنائية يفهمها الكمبيوتر قوامها اشارتان (هما اشبه باطفاء النور ثم انارته). كما تتولى ترجمة الاشارات المرسلة الى بيانات تعرض على المرقاب (الشاشة) في صورة احرف او ارقام. ولما كانت هذه الشرائح صلة الوصل بين طرفين او اكثر اطلق عليها اسم الشرائح البينية.

* **شريحة وحدة المعالجة المركزية (Microprocessor Chip)** وهي بمثابة الخلية العصبية او الدماغ بالنسبة الى الكمبيوتر، وهي تعمل على تنفيذ كل القرارات الحسابية والمنطقية اللازمة لمعالجة المعلومات بناء على البرامج المخزونة في شريحة الذاكرة. هذا العمل ينفذ في صورة رئيسية في الوحدة الحسابية المنطقية. كما تتضمن وحدة المعالجة المركزية دارات تحكّم تنظم عملها وسجلات تخزن فيها، في صورة آنية، البيانات التي تدخل وتخرج من الشريحة. ونظرا الى ان الكمبيوتر الذي نتحدث عنه هنا هو منزلي اي ميكروكمبيوتر (Microcomputer) فاننا نطلق على وحدة المعالجة المركزية هنا الميكرومعالج (المعالج المصغّر).

* **شرائح روم ROM Chips** ذاكرة قراءة فقط، وتحتفظ بالتعليمات اللازمة لعمل المعالج المصغّر في صورة دائمة. ولما كانت هذه البرامج مطبوعة على الشرائح عند تصنيعها فانه لا يمكن قراءتها الا بواسطة شريحة المعالج المصغّر كما لا يمكن تبديلها ولذلك يطلق عليها ذاكرة قراءة فقط.

* **شرائح ايبروم Erasable Programable — Read — Only Memory — EPROM Chips** وهي شرائح قراءة فقط لكنها قابلة لاعادة البرمجة مما يوفر طرقا عدة لتحديث او تغيير التعليمات المخزونة اصلا في شريحة «روم» الدائمة. ويجري التغيير تقنيا اما بواسطة اشارات كهربائية او بالاشعاع ما فوق البنفسجي.

* **شرائح رام RAM Chips** وهي خلافا لشريحة «روم» شريحة ذاكرة قراءة وكتابة معا حيث ان البيانات المخزونة عليها تظل هكذا طالما ان المعالج المصغّر يحتاج اليها لاتمام عمل معين، ومجرد ادخال بيانات جديدة الى ذاكرة رام كاف لمحو البيانات القديمة وحلول الجديدة مكانها. كما وان ايقاف الجهاز وقطع الكهرباء عنه يمحو كل ما تحمله ذاكرة «رام» من بيانات ■



هكذا تبدو شريحة الذاكرة جنبا الى جنب مع راس قلم رصاص، كلاهما مكبران حوالى ١٢ مرة. في الاسفل مستطيل صغير يبين حجم الشريحة الاصلي وهو ربع بوصة عرضا ونصفها طولا. والشريحة هي لذاكرة رام وتتضمن ٦٠٠ الف ترانزيستور، مما يؤهلها لتوفير قدرة ٢٥٦ كيلوبتا، وهو من اقصى ما هو متداول اليوم في السوق التجارية.



في فصول ستّة سابقة عرضنا على حلقات لماهيّة الكمبيوتر ومِمّا يتألّف والمُعَدّات الأساسيّة الداخلة في تكوينه وطريقة عمله ودور البرامج في ذلك. كما تناولنا في شرح جانبيّ الشّريحة ومِمّا تتألّف وعلى ماذا تحتوي مُختتِمين بذلك جميع النّواحي الأساسيّة المبدئيّة. أمّا الآن فننتقل، ضمن إطار تقديمنا الكمبيوتر للمُبتدئين، إلى شرح لغة الكمبيوتر ومنطقه.

الفصل السابع — لغة الكمبيوتر /١: النظام الثنائي

في الفصل الخامس بيّنّا العلاقة بين المعدات والبرامج وقلنا، ان هذه العلاقة اشبه بالعلاقة بين الجسد والروح، وأن المعدات لا تستطيع ان تؤدي مهامها ما لم يتوافر للكمبيوتر برنامج يتولى الزمام ويملي عليها ما ينبغي أن تفعله.

على ان الكمبيوتر يحتاج الى لغة معينة يفهم بها هذه البرامج. لذلك وجدت لغات خاصة بالبرمجة هي عبارة عن تسلسل كلمات وأحرف وارقام والفاظ أوائلية مختارة بعناية كي تمكن الانسان من التواصل مع الكمبيوترات.

ومن دون هذه اللغات فان اكبر الكمبيوترات وأعظمها قدرة تستحيل قطعا جامدة لا حول لها ولا قوة، ورغم ان بعض لغات البرمجة معقد ورفيع المستوى يكاد يجاور اللغات الحية، كالانكليزية مثلا، فان جميع هذه اللغات هي اكثر تحديدا ودقة من اللغات البشرية ولا تحتمل التأويل ولا ازدواج المعنى. فالكمبيوتر جهاز رصين صارم لا يقبل المزاح.

وهناك اليوم مئات من لغات البرمجة بل ألوف اذا ما أضفنا اليها «اللهجات» المتفرعة عنها والمعدلة لتناسب أجهزة دون أخرى. وبواسطة هذه اللغات تتمكن الكمبيوترات من القيام بمختلف الأعمال، كالحساب ومعالجة الاحصاءات، وفهرسة المعلومات واصدار الاصوات والايقاعات الموسيقية بل ومنافسة كبار الفنانين في مهارات الرسم واللون.

ولا توجد لغة واحدة تفي بجميع هذه المهام، فمنها ما يفضل للمسائل العلمية والاخرى للتجارة وثالثة لتجارب الذكاء الاصطناعي، الخ... لكنها جميعها تعتمد قاعدة واحدة. ذلك ان الكمبيوتر من حيث الاساس لا يستجيب الا للغة واحدة وهي شدة التيار الكهربائي (الفولت) المرتفع والمنخفض والذي يمثّل في هذا التناوب الاصفار والآحاد المستعملة في النظام الرقمي الثنائي. فللكمبيوترات منافذ تتلقى البيانات على شكل تيار كهربائي او انقطاع في التيار حيث يمثّل التيار الآحاد وانقطاعه الصفر، مما يجعل النظام الرقمي الثنائي مثاليا للكمبيوترات. وان تصميم الدارات الكهربائية في كل كمبيوتر معدّ بشكل تتجاوب فيه هذه الدارات مع مجموعة معينة ومحددة من الأوامر المشفّرة ثنائيا والتي يمكن اعادة تشكيلها مرارا وتكرارا لتمكين الكمبيوتر من القيام بمهامه المختلفة.

ورغم ان شيفرة الآلة (Machine Code) هذه واضحة ومباشرة فانها غير انسانية لانها تتألف من آلاف ولربما ملايين الأصفار والآحاد وان أي خطأ في مكان ما يؤدي الى فشل البرنامج.



وقبل نصف قرن كانت شيفرة الآلة اللغة الوحيدة للتواصل مع الكمبيوتر أما الآن فقد ابتكرت لغات تجعل الكمبيوتر يتولى بنفسه تحويل لغات البرمجة الى شيفرة الآلة، أي الى رموز يفهمها ليتمكن من القيام بأعماله.

في بحثنا عن لغة الكمبيوتر سنتناول شقين، الأول وموضوعه النظام الرقمي الثنائي، والثاني (في حلقة مقبلة) منطق الكمبيوتر.

النظام الرقمي الثنائي

هناك عدة انظمة حسابية. لكن الغالبية تستعمل النظام العشري (واساسه الحقيقي عدد اصابع اليدين). هذا النظام اساسه الرقم ١٠ وقيمة كل رقم تختلف زيادة او نقصانا في حال اتجهنا يمينا او يسارا عن الرقم ١٠.

اما النظام الرقمي الثنائي، الذي يستعمل في الكمبيوترات، فهو، كما يوحي اسمه، قائم على رقمين هما الصفر والواحد. فهذه الصيغة تستطيع ان تتعامل مع الفرضيات المنطقية: صحيح او خطأ، كما انها الصيغة الملائمة للطبيعة التي تقوم

عليها الدارات الكهربائية اي وجود التيار وعدمه. وبهذا فاذا اعطينا كل رقم في النظام العشري او كل حرف من الحروف بل كل شارة من الشارات المستعملة في النصوص مثيلاً في النظام الثنائي امكننا التعامل معها كما لو انها أرقام عادية. وبذلك فاننا لا نعالج الارقام فحسب بل النصوص والفرضيات المنطقية والعبارات وكل شيء يمكن ترميزه الى صفر وواحد طالما ان منافذ الكمبيوتر تعمل وفق هذا النظام.

في النظام الرقمي الثنائي، وكما هي الحال في النظام العشري، فان قيمة كل رقم اصبعي (Digit ـ وهو كل رقم دون العشرة) يحدده موقعه نسبة الى باقي الارقام الاصبعية اي خانته. فان الرقم الاصبعي واحد يساوي واحد في النظام العشري، واذا نقلناه الى يسار صفرين اصبحت قيمته ١٠٠. والواقع ان هذه القاعدة البسيطة هي اساس الحساب، فالارقام ينبغي ان تنسق في خاناتها المحددة اذا شئنا جمعها او طرحها.

واذا اخذنا اية مجموعة رقمية فان كل خانة الى اليسار، في النظام العشري، تعني زيادة الرقم بقوة ١٠ (عشرة). اما النظام الرقمي الثنائي الذي اساسه ٢، فان كل خانة الى اليسار تعني زيادة الرقم بقوة ٢ (اثنين). بمعنى ان ٢ مرفوعة الى القوة صفر (٢٠) تساوي واحد، و (٢١) تساوي ٢ و (٢٢) تساوي ٤ وهكذا دواليك.

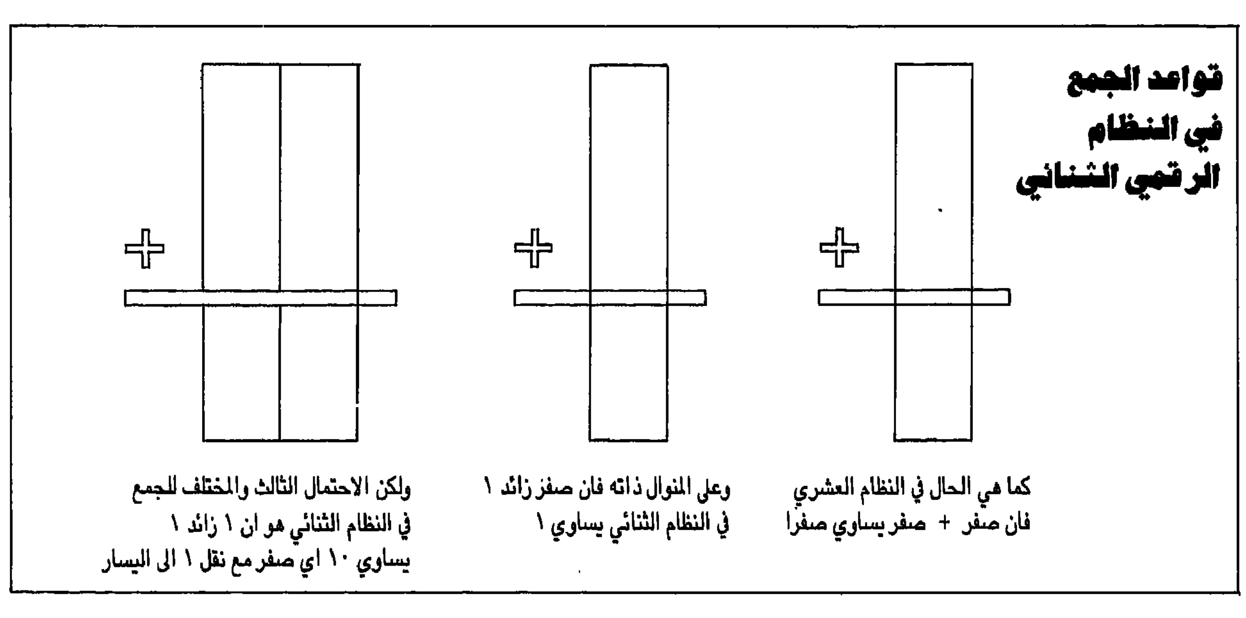
ثنائي				عشري
32				
1				

32 −
11
8 −
3
2 −
1
1 −
0

التحويل من عشري الى ثنائي: اذا اردنا ان نحول رقما من ثنائي الى عشري فاننا نطرح منه اكبر رقم مرفوع بالقوة ٢ ثم ثان (اذا توافر) او ثالث او رابع حتى استنفاد الرقم. ونضع لكل رقم مطروح واحدا، وصفرا لكل رقم غير مطروح. لنفترض اننا نريد ان نحول الرقم ٤٣ في النظام العشري الى رقم ثنائي فنبدأ بوضع سلم افقي بالارقام المرفوعة بالقوة ٢ وصولا الى الرقم ٤٣ فنلاحظ أن اكبر رقم هو ٣٢ . نقوم عندها بطرح هذا الرقم (اي ٣٢) من ٤٣ ونقيد له ١ تحت خانته في السلم الافقي فيبقى معنا ١١ ثم نطرح منه اكبر رقم مرفوع الى القوة ٢ من عند سقف ١١ فما دون. فنلاحظ انه الرقم ٨ فنطرحه ونضع تحت خانة الثمانية (بعد ان نكون قد وضعنا صفرا تحت خانة الرقم ١٦ لعدم استعماله). بعد ان نطرح ٨ يبقى معنا ٣ فنطرح منه ٢ ونضع واحد تحت خانة ٢ (وصفرا تحت خانة ٤) ثم نطرح من الرصيد وهو ١ الرقم ١ فيترصد معنا الطرح ونضع ١ تحت خانة ١ في السلم. وبذلك يتحول الرقم العشري ٤٣ الى ١٠١٠١١ في النظام الثنائي.

ثنائي				عشري	
خانة	خانة	خانة	خانة	خانة	خانة

الارقام في النظام العشري وما يساويها في النظام الثنائي: نبدأ اولا بوضع سلم افقي بالارقام المرفوعة الى القوة ٢ ابتداء من الرقم (١، ٢، ٤، ٨ الخ). نلاحظ ان الصفر في النظام الثنائي يساوي صفرا في النظام العشري. ومثلما ان الصفر يدّون في خانة الآحاد في النظام العشري فانه يدّون في اول خانة في النظام الثنائي. وكذلك الامر بالنسبة الى الرقم ١ . فاذا جئنا الى الرقم ٢ في النظام العشري فاننا نلاحظ انه يساوي ١ في النظام الثنائي (مرفوع الى القوة ٢) فنضع ١ تحت الخانة الثانية التي يساويها اي تحت الرقم ٢ ونضع صفرا تحت الخانة الاولى الفارغة. ومعنى ذلك ان ٢ في النظام العشري تساوي ١٠ في النظام الثنائي (صفر وواحد وليس عشرة). ثم ننتقل الى الرقم العشري ٣ فنلاحظ انه يتكون من ١ و ١ مرفوع الى القوة ٢ فنضع ١ تحت الخانة الاولى وأخر تحت الخانة الثانية. ثم ننتقل الى الرقم ٤ فنلاحظ انه يتالف من ٢ مرفوعة الى القوة ٢ اي ٤ فنضع واحد تحت الخانة الثالثة. وصفرين تحت الخانتين الاولى والثانية. وهكذا دواليك الى ان نصل الى الرقم ١٠ في النظام العشري فيساوي ٢ + ٨ اي (١٠ + ١٠٠٠).



نموذج جمع: الى اليسار ارقام ثنائية وعشرية متساوية. ويمكن الحصول على مجموع كل فئة عن طريق جمع الاعمدة ونقل المتبقي الى اليسار. ففي العمود الاول للجدول العشري ٩ + ٩ = ١٨، نكتب الثمانية وننقل الواحد كما هو معروف. وفي العمود الاول للجدول الثنائي فان ١ + ١ = ١٠ (صفر وواحد ليس عشرة) فندّون الصفر وننقل ١. وهكذا يصبح العمود الثاني في الجدول الثنائي ١ + ١ او ١٠ (صفر وواحد) مضافا اليه الواحد المنقول اي ١١ فندون ١ الذي لجهة اليمين وننقل المتبقي. اما الارقام المدرجة ادناه فتفيد للتدقيق في عملية جمع الجدول الثنائي عن طريق تحويل المجموع، ثانية، الى النظام العشري.

ثنائي — عشري

128	64	32					
1	1	0					
+							
1	1	1					

١ في خانة ٢ — 2
١ في خانة ٤ — 4
١ في خانة ٨ — 8
١ في خانة ٣٢ — 32
١ في خانة ٦٤ — 64
١ في خانة ١٢٨ — + 128

238

الخلاصة

ان العثور على المقابل العشري لرقم ثنائي لا يحتاج لأكثر من ملاحظة الخانة التي تحتلها ارقام الواحد (الآحاد) ومن ثم جمع قيم هذه الخانات.

لا يستقيم الكلام عن الكمبيوتر ما لم نُشر الى ستة اشخاص لعبوا دورا اساسيا في ظهوره وتطوره. خمسة منهم معروفون تاريخيا. واما السادس، وهو الاول بالتسلسل التاريخي، فهو مجهول ولعله مجموعة اشخاص وليس شخصا واحدا. انه تيار علمي فكري تطوري من المستحيل تحديد النقطة الفاصلة فيه. انه اختراع الصفر.



الصفر

كان اختراع الصفر حدثا ذا بعد تاريخي لا مثيل له. البعض نسبه الى الهنود والاخرون الى العرب، واخرون الى البابليين، لولا الصفر لكان من المستحيل التعامل مع الارقام. فلا الضرب ولا القسمة ولا الجمع ولا الطرح ممكن من دونه. كذلك لا حساب المسافات الفلكية ولا الرحلات الفضائية ممكنة من دونه. فهو اساسي لجميع العمليات الرياضية الحديثة. ومن دونه ايضا يستحيل التعبير عن حالة العدم الاساسية بالنسبة للغة الثنائية الرقمية التي يستخدمها الكمبيوتر.

الخوارزمي:
قدم المنهجية العلمية
(القرن السابع للميلاد)

عاش في بغداد ووضع اسس علم الجبر والخوارزمية وتُرجمت مؤلفاته على نطاق واسع، ويعتبر من ابرز المساهمين في ارساء اسس الرياضيات الحديثة. اما الخوارزمية (Algorithm) فهي مجموعة القواعد المتبعة لحل مسالة بعدد منته من الخطوات. واول ما يتعلمه المبرمجون هو تحويل كل مسالة الى برنامج وفق قواعد الخوارزمية لتوفير آلية اجرائية تمكن الكمبيوتر من اتمام المعالجة بعدد منته من الخطوات.



في الفصل السابق شرحنا كيف أنّ الكمبيوتر لا يَستطيع أن يفهم سوى اللُّغة الرَّقميّة القائمة على النِّظام الثُّنائيّ، باعتبارها شيفرة آلة تُمكِّن الإنسان من التَّعامُل معه. وقارنّا هٰذا النِّظام بالنِّظام العشريّ، وفي هٰذا الفصل نَعرض لنظامين مُتفرِّعين عن النِّظام الرَّقميّ الثُّنائيّ، وهما في الواقع نظامان اختزاليّان ضمن نطاق النِّظام الثُّنائيّ، أي يَستعمِلان الصِّفر والواحد أيضًا ولكنّهما يُسهِّلان عمليّة التَّواصُل مع الكمبيوتر.

الفصل الثامن لغة الكمبيوتر ٢/ : النظامان الثماني والست عشري

المعروف أن أساس كل حساب هو العدّ. فالاوائل كانوا يعدّون على أصابع اليد، وحينما لم تكن الاصابع تكفي كانوا يلجأون الى الحجارة والحصى أو العيدان. وحينما توصلوا الى نظام للارقام فان معظم المجتمعات البشرية اعتمدت النظام العشري، أي النظام الذي أساسه القوة ١٠. وقوام هذا النظام اعتباران الاول أن هناك قيمة مكانية (Place Value) لكل رقم أو خانة، والثاني وضع رمز يمثل اللاشيء، أي الصفر.

على أن بعض المجتمعات اختار النظام الثنائي وأساسه الرقم ٢. كما أن هناك أدلة على أن الفراعنة اعتمدوا نظاما معقدا أساسه الرقم ٤٩. ولربما اختاروا هذا النظام ليظل بعيدا من متناول الناس العاديين.

لكن النظام الثنائي، على بساطته، مرهق بالنسبة الى الانسان، فأي خطأ يتطلب العودة الى أسطر لا تحصى من الارقام الثنائية للتدقيق فيها. ورغم أن هناك برامج تحدّد مكامن الخطأ فان هناك حالات ينبغي فيها العودة الى البرنامج سطرا سطرا للتحري عن الخطأ واستعراض عدد ضخم من الصفحات المطبوعة والتي تسمى مكبّ الذاكرة (Memory Dump).

من أجل ذلك ابتكر المبرمجون طرقا تختزل النظام الثنائي الى نظام ثماني (أساسه ٨) ونظام ست عشري (أساسه ١٦).

ونظرا الى أن ٨ هي ٢ مرفوعة الى القوة ٢ ثلاث مرات (٨ = ٢ × ٢ × ٢) فان رقما اصبعيا واحدا (Digit) في النظام الثماني يساوي ثلاثة أرقام أصبعية في النظام الرقمي الثنائي. وعلى المنوال نفسه فان رقما أصبعيا واحدا في النظام الست عشري يمثّل أربعة أرقام أصبعية في النظام الثنائي (١٦ = ٢ × ٢ × ٢ × ٢).

جميع هذه الانظمة الرقمية تشترك في خصائصها لانها جميعها تخضع لصفتين اساسيتين، الاولى أن قيمة الاساس في جميع أنظمة العد(اي أساس النظام سواء اكان ١٠ أو ٢ أو ٨ أو ١٦)تحدد عدد الارقام الاصبعية وبالتالي الخانات المعتمدة في كل نظام على أن يكون أول هذه الارقام الصفر دائما. والثانية أن الحد الاعلى لقيمة كل خانة منفردة يساوي دائما قيمة الاساس ناقص واحد. ففي النظام العشري تمتد الارقام الاصبعية من صفر لغاية ٩ والرقم الاكبر هو ١٠ـ١ = ٩. وفي النظام الثنائي هناك رقمان أصبعيان هما صفر وواحد وأكبرهما ١ (٢ـ١ = ١). وفي النظام الثماني سبعة أرقام من صفر لغاية ٧ وأكبرها ٧(٨ـ١ = ٧). وفي النظام الست عشري تمتد الارقام من صفر لغاية ١٥ وأكبر الارقام هو ١٥(١٦ـ١ = ١٥). لكن لما كانت الارقام العشرية لا تزيد على ٩ فقد اعتمدت أحرف أبجدية تمتد من A لغاية F لتعبّر عن ١٠، ١١، ١٢، ١٣، ١٤، ١٥ في النظام الست عشري. ومعنى ذلك ان الارقام الست عشرية هي صفر، ١، ٢، ٣، ٤، ٥، ٦، ٧، ٨، ٩، F, E, D, C, B, A. وأكبرها هو F الذي يعادل ١٥ (١٦ـ١).

```
C0100   58F10010  45EFC00C  5810A242  58F10010    45EF0008  9240A103  024EA104  A103020
C0120   A104A082  0213A116  A0870203  A134A0CB    D204A146  A004581C  A23E58F1  001045E
C0140   000CF224  A006A004  FA32A107  A006FA10    A1D8A246  47F0A026  C24FA103  A1D0F32
C0160   A124A108  96F0A126  F363A144  A10796F0    A14A5810  A23E58F1  001045EF  000C070
C0180   4110A236  4500A0AE  001C0078  001C0080    0A020A0E  F5F4F3F2  F1C2C1C4  4005C5E
C01A0   E240E2E3  E4C6C640  40404040  40F1F2F3    F4404040  40404040  00000440  4040404
C01C0   40404040  --SAME--
C01E0   40404040  4540F5F4  F3F2F140  40404040    40404040  40404040  C2C1C440  05C5E6E
C0200   40E2E3E4  C6C64040  40404040  40404040    40404040  4040F1F2  F3F44040  4040404
C0220   40404040  40404040  40404040  40404C40    40404040  40C9E3C5  04400506  4B40404
C0240   4040404C  40404040  4040404C  40C4C5E2    C3D9C9D7  E3C9D605  40404040  4040404
C0260   40404006  E4C1C5E3  C9E3E840  40404040    40404040  404040C1  0406E405  E340404
C0280   40404040  --SAME--
C02A0   40404040  40404040  40404040  40404040    40404040  40404040  40000123  4C001CE
C02C0   C8C54005  E404C2C5  D94006C6  40C9E3C5    D4E24007  09D6C3C5  E2E2C5C4  40C9E24
C02E0   40404040  40404040  40E3C8C5  40E306E3    C1D340C1  D406E405  E340C9E2  4040404
C0300   4040404C  40404040  40404040  40404040    5858C2D6  07C5D54C  5858C2C3  0306E2C
C0320   001C0080  001C0078  1CC103E8  E2C9E240    0A320000  0A320000  47F0F01A  0A32000
C0340   C901C3C6  E9C9E9F0  33000A00  91801002    4710F026  0A0750EC  F06858E0  1020910
C0360   10044780  F04C9140  10024710  F04658E0    F06847F0  F01A58E0  101C07FE  D501F06
C0380   E0004770  F05A47F0  F04658E0  F06807FE    615C0C00  10220000  A01C0114  4040400
C03A0   0A320000  0A320000  0A320000  47F0F01A    C901C4C6  E9E9E9E9  34010A00  9180100
```

نموذج لمكب الذاكرة مكتوب بالنظام الست عشري

العلاقة بين الانظمة الاربعة

تقارن الجداول الاربعة أدناه بين الانظمة الرقمية الاربعة. ويلاحظ أن قيمة كل رقم أصبعي، في كل نظام، تقرر وفقا لقيمة الخانة التي يشغلها الرقم.

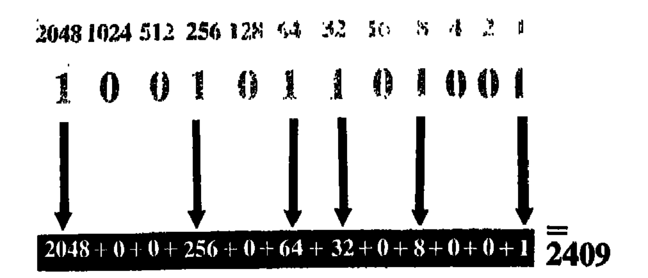
كما ويلاحظ أن القيمة القصوى لكل رقم اصبعي في النظام الثماني، وهي ٧، تعادل القيمة القصوى لثلاثة أرقام أصبعية في النظام الثنائي. وإن المدى الذي تتراوح فيه قيمة كل رقم في النظام الثماني تطابق المدى الذي تتراوح فيه قيم ثلاثة أرقام في النظام الثنائي. فاذا ما استبدلنا الارقام الثنائية بأرقام ثمانية فان عملية الاستبدال تجري على نسبة ١:٣. والكمبيوترات التي تستخدم النظام الثماني على سبيل الاختزال تستهلك ثلث الحجم والوقت اللذين تستهلكهما ذاكرة تعتمد النظام الثنائي.

كما أن القيمة القصوى لرقم أصبعي في النظام الست عشري تعادل القيمة القصوى لاربعة ارقام اصبعية في النظام الثنائي. وبالتالي فان مدى قيمة كل رقم اصبعي في النظام الست عشري تعادل مدى قيمة اربعة أرقام أصبعية في النظام الثنائي. وتبعا لذلك فان استخدام النظام الست عشري، على سبيل الاختزال، لا يحتل سوى ربع الحجم والوقت اللذين تحتاج اليهما ذاكرة تعتمد النظام الثنائي.

ثماني	ثنائي	ست عشري	عشري
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

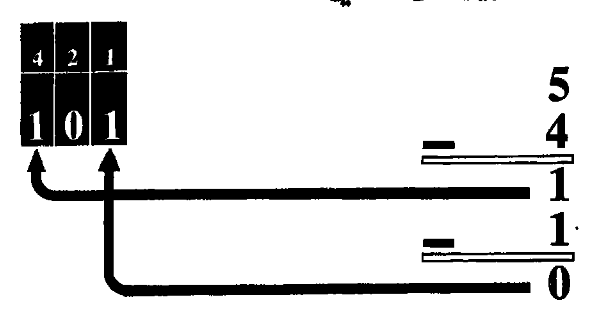
عملية التحويل

من ثنائي الى عشري



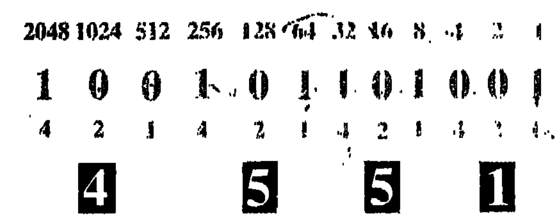
إجمع قيم كل الخانات المشغولة بالرقم ١. في مثلنا اعلاه فان تحويل الرقم الثنائي ١٠٠١٠١١٠١٠٠١ المكون من ١٢ خانة يعني جمع كل القيم المكانية حيث هناك واحد، اي جمع ١ + ٨ + ٣٢ + ٦٤ + ٢٥٦ + ٢٠٤٨ فتكون النتيجة ٢٤٠٩.

من عشري الى ثنائي



إطرح أكبر قوة مرفوعة الى الرقم ٢ من الرقم العشري (٤ من ٥ في مثلنا أعلاه) واستمر في الطرح من الرصيد المتبقي، مدونا الرقم ١ في كل خانة قيمتها المكانية استخدمت في الطرح والصفر حيث لم يحصل ذلك. وفي مثلنا اعلاه نضع ١ تحت الـ ٤، وصفر تحت الـ ٢، و ١ تحت الـ ١ مما يعطينا الرقم ١٠١ في النظام الثنائي.

من ثنائي الى ثماني



انطلاقا من الخانة الاولى في اقصى اليمين قسِّم الخانات الى وحدات من ثلاثة، وتعامل مع كل ثلاثي كما لو انه رقم ثنائي مستقل مكونا من القيم المكانية ٤،٢،١ وحوّله الى عشري، والنتيجة هي ان مجموع كل القيم المكانية لكل مجموعة ثلاثية تساوي رقما اصبعيا ثمانيا واحدا. وفي مثلنا اعلاه فان مجموع القيم المكانية للوحدات الثلاثية هي ٤،٥،٥،١، مما يجعل المجموع ٤٥٥١ في النظام الثماني.

من ثنائي الى ست عشري

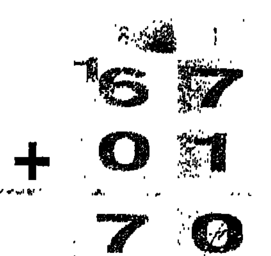
2048	1024	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1
1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1
8	4	2	1	8	4	2	1	8	4	2	1

9 **6** **9**

على المنوال نفسه إبدأ من أقصى اليمين بتقسيم الرقم الى وحدات من اربعة متعاملا مع كل وحدة كما لو انها رقما ثنائيا مكونا من القيم المكانية ٨،٤،٢،١ نرغب في تحويله الى عشري. إن مجموع القيم المكانية لكل مجموعة رباعية تعادل رقما اصبعيا ست عشري واحدا. وفي مثلنا اعلاه فان مجموع القيم المكانية للمجموعات الرباعية هي ٩،٦،٩ أي ٩٦٩.

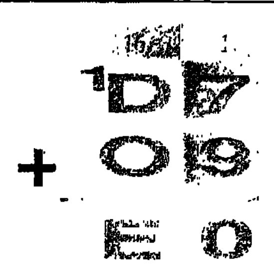
مبادىء الجمع

في الحلقة الماضية عرضنا مبادىء الجمع في النظام الثنائي والآن نتناول مبادىء الجمع في النظامين الثماني والست عشري.



في النظام الثماني:

ان جمع الارقام في الخانة الاولى أي ٧ + ١ يعطينا ٨ المعبّر عنها في النظام الثماني بـ ١٠ (صفر + واحد). وكما هي الحال في الجمع في النظام الثنائي ندوّن الصفر وننقل الواحد الى الخانة الثانية. ثم نتابع الجمع في الخانة الثانية، اي ٦ + ١ = ٧ واخيرا ٧ زائد صفر فتكون النتيجة ٧٠ في النظام الثماني والمعادل لـ ١١١٠٠٠ في النظام الثنائي و ٥٦ في النظام العشري.



في النظام الست عشري:

ان جمع الارقام في الخانة الاولى اي ٧ + ٩ يعطينا ١٦ وهو أساس النظام الست عشري المعبّر عنه بـ ١٠. ندوّن صفرا وننقل ١. في الخانة الثانية نجمع ١ الى D (اي ١٣ في النظام العشري) فنحصل على ١٤ في النظام العشري أي E. نجمع E الى الصفر فتدون النتيجة صفر E (صفر + E) وهو الاختزال الست عشري للثنائي 11100000 أو العشري ٢٢٤.

ملخص خصائص الانظمة الرقمية الاربعة

انطلاقا من الصفتين الاساسيتين اللتين تنطبق عليهما جميع الانظمة الرقمية فان خصائص كل نظام رقمي هي:

النظام العشري |١٠|:

تتراوح أرقامه بين صفر الى ٩ موفرا بذلك عشرة خيارات رقمية. الرقم الاكبر يساوي ٩، أي الحد الاقصى للخيارات الرقمية ناقص واحد.

النظام الثنائي |٢|:

مجموع الخيارات الرقمية في هذا النظام لا يتعدى ٢ (صفر واحد). الرقم الاكبر يساوي ١ وهو الحد الاقصى للخيارات الرقمية ناقص واحد. وكل قيمة تتعدى ١ ينبغي أن تمثل بأكثر من رقم أصبعي واحد مثلما أن كل رقم يتعدى ٩ في النظام العشري يتطلب رقما من خانتين أو أكثر.

النظام الثماني |٨|:

مجموع الخيارات المتوافرة في النظام الثماني هي ثمانية من صفر حتى ٧. وأكبر رقم هو ٧ أي الحد الاقصى للخيارات الرقمية ناقص واحد.

النظام الست عشري |١٦|:

أقل الانظمة شيوعا. مجموع خياراته ١٦ رقما اصبعيا، والارقام العشرة الاولى هي من صفر الى ٩ وقد أضيفت اليه ٦ رموز تمثل أرقاما لتكملة العدد الى ١٦ خيارا. هذه الرموز هي الاحرف من A-F.

ومعنى ذلك أن هذه الأحرف، في النظام الست عشري، تمثل أرقاما. فـ A تمثل ١٠ و B تمثل ١١ و C تمثل ١٢ و D تمثل ١٣ و E تمثل ١٤ و F تمثل ١٥. أكبر رقم هو F أي الحد الاقصى للخيارات ناقص واحد (أي ١٦-١).

القيم المكانية

القيم المكانية في النظام العشري
(9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0)

يخصص النظام العشري لكل رقم أصبعي قيمة أساسها القوة ١٠. ومعنى ذلك ان لكل رقم اصبعي (Digit) قيمة معينة أساسها القوة ١٠ أيضا. هذه القيمة تزداد ١٠ أضعاف اذا اتجهنا من اليمين الى اليسار. فالواحد يصبح عشرة والعشرة مئة وهكذا دواليك. هذه القيمة يطلق عليها «القيمة المكانية» (Place value) للرقم.

الخانات	1	2	3	4	5	
القيم المكانية	10^0	10^1	10^2	10^3	10^4	
	1	10	10 × 10	10 × 10 × 10	10 × 10 × 10 × 10	10 × 10 × 10 × 10 × 10
	1	10	100	1,000	10,000	100,000
الارقام الاصبعية	1	4	7	9	0	2

المجاميع: 200000 + 0 + 9000 + 700 + 40 + 1 = 209741 الرقم العشري

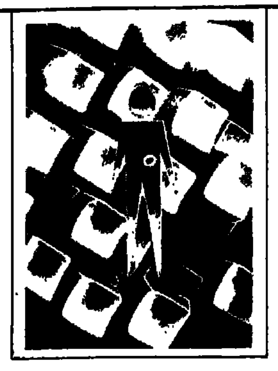
القيم المكانية في النظام الثنائي
(1,0)

وكذلك الامر في النظام الثنائي. فان لكل رقم أصبعي قيمة مكانية يتم جمعها لتشكل القيمة الاجمالية للرقم الثنائي. اما أساس النظام الثنائي فهو القوة ٢

الخانات	1	2	3	4	5	6
القيم المكانية	2^0	2^1	2^2	2^3	2^4	2^5
	1	2	2 × 2	2 × 2 × 2	2 × 2 × 2 × 2	2 × 2 × 2 × 2 × 2
	1	2	4	8	16	32
الارقام الاصبعية	1	0	1	0	0	1

المجاميع: 32 + 0 + 0 + 4 + 0 + 1 = 37

يدوّن مجموع قيمة عدد ثنائي بعدد ذي أساس عشري



مـا هــو؟	كيفَ يعمَل؟	البيَانات	المعـالـج	الـبَرامـج
اللغـــة	المنطـق	الـدارات	التـأهيل	الطرفيات

ضمن إطار شرح لغة الكمبيوتر الثُّنائيَّة عرضنا في الفصل السابق لنظامين اختزاليَّين يقعان ضمن النِّظام الثُّنائيّ ويَستعمِلهما المُبرمجون لأنَّهما يُسهِّلان عملهم. ولأنَّ النِّظام الرَّقميّ الثُّنائيّ الأساسيُّ مُرهِق. وفي هٰذا الفصل نُتابع مُستعرِضين قواعد التَّحويل بين مُختلِف الأنظمة الأربعة المُتداوَلة وفي البرمجة الكمبيوتريَّة وهي النِّظام العشريّ وأساسه ١٠ والنِّظام الثُّنائيّ وأساسه ٢ والنِّظام الثُّمانيّ وأساسه ٨ والنِّظام السُّتّ عشريّ وأساسه ١٦.

الفصل التاسع لغة الكمبيوتر ٣/: قواعد التحويل



لما كانت الضرورة تقضي بالتحويل من نظام رقمي الى آخر فقد وضعت سلسلة قواعد على شكل خطوات تعتمد للتحويل من نظام الى آخر:

اولاً: التحويل الى النظام العشري من الانظمة الاخرى

الخطوة١: حدّد قيمة كل خانة (القيمة المكانية) يشغلها كل رقم اصبعي (بحسب النظام العشري).
الخطوة٢: اضرب القيمة المكانية للخانة بالرقم الاصبعي الموجود فيها.
الخطوة٣: اجمع المحاصيل الناتجة من الخطوة ٢ . فالمجموع هو القيمة المعادلة في النظام العشري.

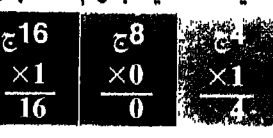
من ثنائي الى عشري

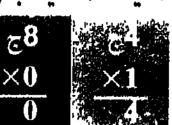
$_{10}? = {}_{2}10110$

الخطوة ١ حدّد قيمة كل خانة

الخطوة ٢ اضرب القيمة المكانية بالرقم الاصبعي

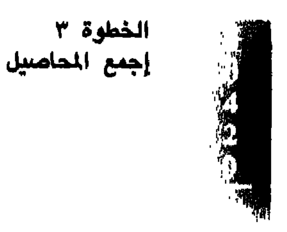
16ج	8ج	ج
×1	×0	×1
16	0	4







الخطوة ٣ إجمع المحاصيل





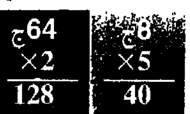
من ثماني الى عشري

$_{10}? = {}_{8}257$

الخطوة ١ حدّد قيمة كل خانة

الخطوة ٢ اضرب القيمة المكانية بالرقم الاصبعي

64ج	8ج
×2	×5
128	40



الخطوة ٣ إجمع المحاصيل





من ست عشري الى عشري

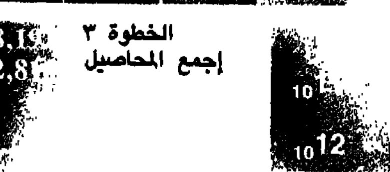
$_{10}? = {}_{16}2B3C$

الخطوة ١ حدّد قيمة كل خانة

الخطوة ٢ اضرب القيمة المكانية بالرقم الاصبعي

4096ج	256ج	16ج
×2	×11	×3
8192	2816	48

الخطوة ٣ إجمع المحاصيل





ج = جموع، اي آحاد، ثنائيات، رباعيات، ثمانيات، ست عشريات

ثانيا: التحويل من النظام العشري الى الانظمة الاخرى

الخطوة ١ : قسّم الرقم العشري المراد تحويله على قوة الاساس المطلوب.
الخطوة ٢ : دوّن الرصيد المتبقي من الخطوة ١ بصفته الرقم الاصبعي الاول للرقم الجديد المطلوب ابتداء من جهة اليمين.
الخطوة ٣ : قسّم حاصل القسمة السابقة على قوة الاساس الجديد (المطلوب).
الخطوة ٤ : دوّن الرصيد الناتج من الخطوة ٣ بصفته ثاني رقم اصبعي للرقم الجديد المطلوب وذلك الى يسار الرقم الاصبعي الاول. كرر الخطوتين ٣ و ٤ مدونا الارصدة من اليمين باتجاه اليسار الى حين يلغ الرصيد من الخطوة ٣ صفرا.

من عشري الى ثنائي

$_{2}? = {}_{10}26$

الخطوة ١
قسّم الرقم على قوة الاساس الجديد

الخطوة ٢
دوّن الرصيد في اول خانة لجهة اليمين

الخطوة ٣
قسّم حاصل القسمة السابقة
على قوة الاساس الجديد

الخطوة ٤ دوّن الرصيد كثاني رقم
فاذا كان الرصيد صفرا توقف والا
كرّر الخطوتين ٣ و ٤

الخطوة ٣
قسّم حاصل القسمة السابقة
على قوة الاساس الجديد

الخطوة ٤ دوّن الرصيد كثاني رقم
فاذا كان الرصيد صفرا توقف والا
كرّر الخطوتين ٣ و ٤

الخطوة ٣
قسّم حاصل القسمة السابقة
على قوة الاساس الجديد

الخطوة٤ دوّن الرصيد كثاني رقم
فاذا كان الرصيد صفرا توقف والا
كرّر الخطوتين ٣ و٤.

الخطوة ٣
قسّم حاصل القسمة السابقة
على قوة الاساس الجديد

الخطوة ٤ دوّن الرصيد كثاني
رقم فاذا كان الرصيد صفرا
توقف والا كرّر الخطوتين ٣ و ٤

من عشري الى ثماني

$_{8}? = {}_{10}416$

الخطوة ١
قسّم الرقم على قوة الاساس الجديد

الخطوة ٢
دوّن الرصيد في اول خانة لجهة اليمين

الخطوة ٣
قسّم حاصل القسمة السابقة
على قوة الاساس الجديد

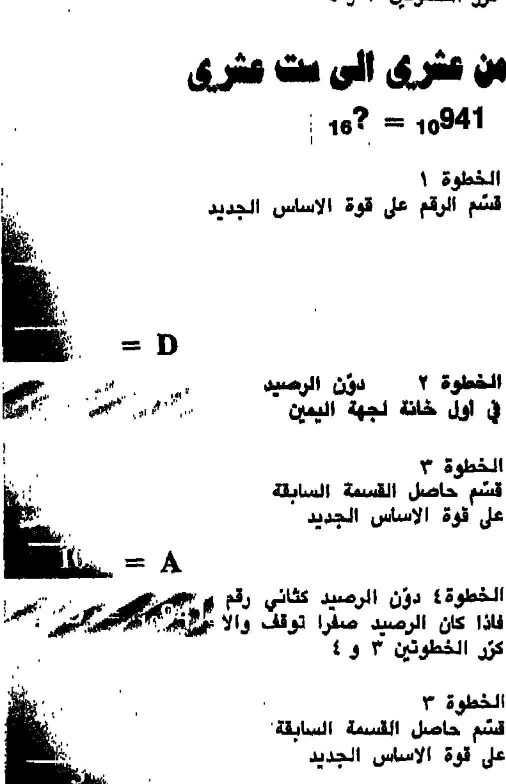
الخطوة ٤ دوّن الرصيد كثاني رقم
فاذا كان الرصيد صفرا توقف والا
كرّر الخطوتين ٣ و ٤

الخطوة ٣
قسّم حاصل القسمة السابقة
على قوة الاساس الجديد

الخطوة ٤ دوّن الرصيد كثاني رقم
فاذا كان الرصيد صفرا توقف والا
كرّر الخطوتين ٣ و ٤

من عشري الى ست عشري

$_{16}? = {}_{10}941$



الخطوة ١
قسّم الرقم على قوة الاساس الجديد

الخطوة ٢ دوّن الرصيد
في اول خانة لجهة اليمين

الخطوة ٣
قسّم حاصل القسمة السابقة
على قوة الاساس الجديد

الخطوة٤ دوّن الرصيد كثاني رقم
فاذا كان الرصيد صفرا توقف والا
كرّر الخطوتين ٣ و ٤

الخطوة ٣
قسّم حاصل القسمة السابقة
على قوة الاساس الجديد

الخطوة٤ دوّن الرصيد كثاني رقم
فاذا كان الرصيد صفرا توقف والا
كرّر الخطوتين ٣ و٤

ثالثا: التحويل من والى النظام الثماني

من ثنائي الى ثماني

الخطوة ١: قسّم الارقام الاصبعية الثنائية الى مجموعات من ثلاثة وذلك بدءا بالجهة اليمنى.

الخطوة ٢: حول كل مجموعة من ثلاثة أرقام اصبعية ثنائية الى رقم اصبعي واحد (مستخدما قاعدة التحويل من ثنائي الى عشري. وتذكر ان الارقام الاصبعية العشرية من صفر الى ٧ تساوى الارقام الثمانية من صفر الى ٧).

من ثماني الى ثنائي

الخطوة ١: حوّل كل رقم اصبعي ثماني الى رقم ثنائي مؤلف من ثلاثة ارقام اصبعية (معتبرا الارقام الثمانية كما لو أنها أرقام عشرية).

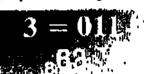
الخطوة ٢ اعتبر الارقام الحاصلة كما لو أنها رقم ثنائي واحد.

من ثنائي الى ثماني

$_8? = {}_2110011$

الخطوة ١ قسّم الارقام الثنائية الى مجموعات من ثلاثة

الخطوة ٢ حوّل كل مجموعة الى رقم اصبعي واحد



من ثماني الى ثنائي

$_2? = {}_8246$

الخطوة ١ حوّل كل رقم اصبعي ثماني الى ثنائي من ٣ ارقام اصبعية

010

الخطوة ٢ ادمج الارقام كلها معا

رابعا: التحويل من والى النظام الست عشري

من ثنائي الى ست عشري

الخطوة ١: قسّم الارقام الاصبعية الثنائية الى مجموعات من أربعة وذلك بدءا بالجهة اليمنى.

الخطوة ٢: حوّل كل مجموعة من أربعة أرقام اصبعية ثنائية الى رقم اصبعي ست عشري واحد (مستخدما قاعدة التحويل من ثنائي الى عشري. وتذكّر ان الارقام الاصبعية الست عشرية من صفر الى ٩ تساوي الارقام الاصبعية العشرية من صفر الى ٩ والارقام الاصبعية الست عشرية من A الى F تساوي الارقام العشرية ١٠ ـ ١٥).

من ست عشري الى ثنائي

الخطوة ١: حوّل كل رقم اصبعي ست عشري الى رقم ثنائي مؤلف من اربعة ارقام اصبعية (معتبرا الارقام الست عشرية كما لو أنها ارقام عشرية).

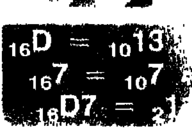
الخطوة ٢: اعتبر الارقام الحاصلة كما لو أنها رقم ثنائي واحد.

من ثنائي الى ست عشري

$_{16}? = {}_211010111$

الخطوة ١ قسّم الارقام الثنائية الى مجموعات من اربعة

الخطوة ٢ حوّل كل مجموعة الى رقم اصبعي واحد



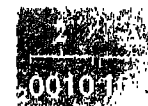
من ست عشري الى ثنائي

$_2? = {}_{16}2A9$

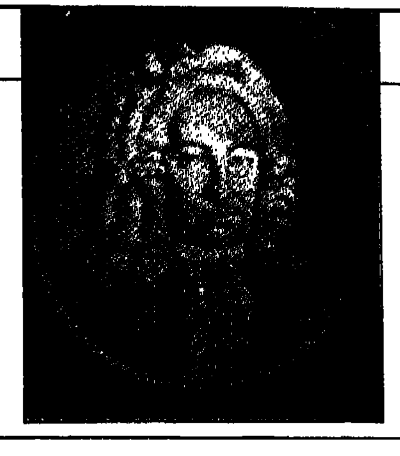
الخطوة ١ حوّل كل رقم اصبعي ست عشري الى ثنائي من ٤ ارقام اصبعية

$_2 0010$
$_2 1010$
$_2 1001$

الخطوة ٢ ادمج الارقام معا



آباء عصر الكمبيوتر (٢)

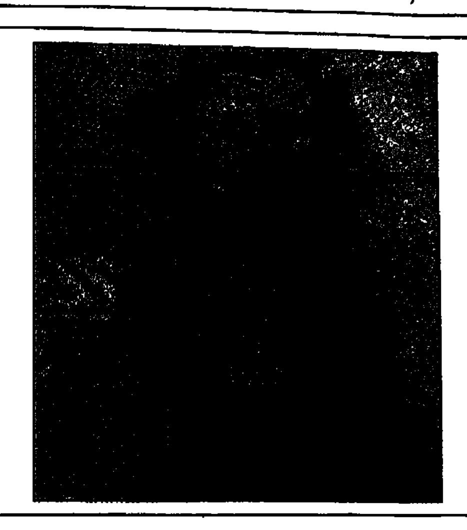


لايبنتز (Leibnitz) قدم اللغة الثنائية الرقمية (القرن السابع عشر)

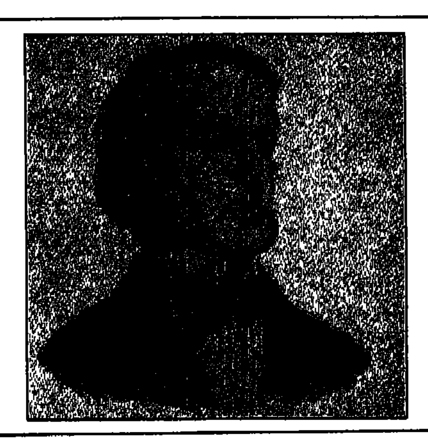
اضافة الى اسهامه في تطور الآلة الحاسبة فانه، بابتكاره النظام الرقمي الثنائي المكون من الصفر وواحد، وفر لغة يستطيع الكمبيوتر ان يتعامل معها. فالصفر والواحد يمكن ان يعبرا عن حالتي مطفأة ومشغل للتيار الكهربائي، وبالتالي التعبير عن المعطيات بعد كتابتها باللغة الرقمية الثنائية.
وكان لايبنتز قد ابتكر النظام الثنائي لدواع فلسفية ورياضية. وفي الثلاثينات من القرن العشرين لاحظ كلود شانون (Claude Shannon) مضاعفاتها البعيدة المدى بالنسبة للكمبيوتر.

الكونتيسة آدا (Ada): قدمت البرمجة

(القرن التاسع عشر)



ابنة الشاعر الانكليزي اللورد بايرن. رياضية موهوبة عملت بصورة وثيقة مع العالم البريطاني باباج في مشروعه لصنع آلته التحليلية. واليها تعود فكرة نقل مبدأ نول جاكارد الذي يعمل بالاشرطة الطويلة المثقوبة الى الميدان الحسابي باستخدام بطاقات مماثلة مثقوبة ترمز بثقوبها الى ارقام معينة. أطلق عليها لذلك اول مبرمجة في التاريخ. وبذلك قربت الى الواقع مشروع الكمبيوتر الذي كان لا يزال سديميا في خلفيات العقل البشري.

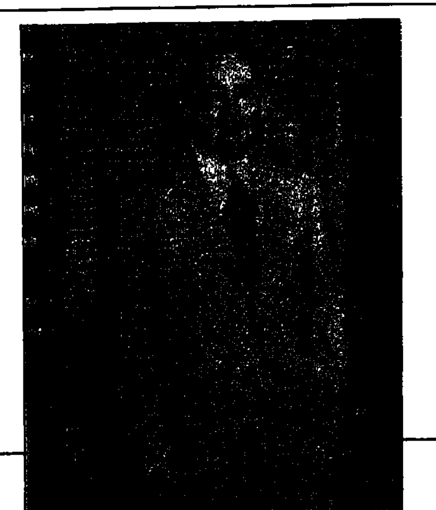


جورج بول (George Boole): قدم المنطق

(القرن التاسع عشر)

عبقري بريطاني ابتكر في القرن التاسع عشر نوعا من الجبر يتيح التعامل مع الارقام والحروف والاشياء والعبارات والفرضيات كما لو انها ارقام بحتة. بموجب هذا النظام اصبح بالامكان ترميز الفرضيات التي يمكن ان تعتبر صحيحة او خاطئة على اساس ثلاثة احتمالات هي «و»، «او» و«لا».

جون فون نيومان (John Von Newman): قدم التصميم الهندسي (القرن العشرين)



هنغاري المولد اميركي الجنسية وصف بانه عملاق بين الرياضيين. لعب دوراً بارزا في نجاح انياك، اول كمبيوتر الكتروني. وضع تصميم الهندسة الداخلية للكمبيوتر وقوامها خمسة عناصر اساسية تؤمن له اداء متعدد الاغراض. هذه العناصر هي الوحدة الرياضية المنطقية، وحدة التحكم والضبط، الذاكرة، وحدة ادخال ووحدة اخراج. وبالاضافة الى ذلك رأى انه يتوجب على الكمبيوتر ان يعمل باللغة الرقمية الثنائية وان يكون الكترونيا لا ميكانيكيا. ويعرف هذا التصميم بالمتسلسل لان عمليات المعالجة تتم واحدة بعد الاخرى، جميع الكمبيوترات التي هي قيد التداول اليوم صغيرة وسطى وإيوانية تعمل وفق هذا التصميم.



ما هو؟	كيف يعمل؟	البيانات	المعالج	البرامج
اللغة	المنطق	الدارات	التأهيل	الطرفيات

ما زلنا مع هذا الفصل نُتابع تعقيدات النِّظام الثُّنائيّ باعتباره اللُّغة التي يَفهمها الكمبيوتر. وقد عرضنا خلال ثلاثة فصول سابقة لماذا لا يَفهم الكمبيوتر إلّا اللُّغة الرَّقميّة الثُّنائيّة وميزات هذه اللُّغة وتعقيداتها. كما عرفنا الأنظمة الرَّقميّة المُختزِلة للنِّظام الثُّنائيّ وأخيرًا قواعد التَّحويل بين نظام رقميّ وآخر. وفي هذا الفصل نَعرض لقواعد الجمع والطَّرح في الأنظمة الثَّلاثة الثُّنائيّ والثَّمانيّ والسِّتّ عَشريّ.

الفصل العاشر لغة الكمبيوتر/٤: قواعد الجمع والطرح

الجمع

في هذه اللغة الرقمية، كما في غيرها، كثيرا ما نضطر الى الجمع عند كتابة البرامج بلغة يفهمها الكمبيوتر. وقواعد الجمع لا تختلف من حيث الاساس عن قواعد الجمع في النظام العشري. وهذه القواعد تتمثل في ثلاث خطوات:

الخطوة ١: اجمع العمود الاول ابتداء من جهة اليمين.

الخطوة ٢: اذا كان مجموع العمود في الخطوة ١ مساويا أو زائداً عن قوة الاساس اطرح قيمة الاساس من مجموع العمود وانقل ١ الى العمود التالي. (اذا كان مجموع العمود لا يزال مساويا أو زائداً عن الاساس كرر الخطوة ٢).

الخطوة ٣: اذا كانت هناك أعمدة جمع اضافية أو كان هناك نقل حصل في الخطوة ٢ أجمع العمود التالي وكرر الخطوة ٢.

في مثلنا التالي نريد ان نجمع الرقم الثنائي 10111 الى الرقم الثنائي 01110. تقضي الخطوة الاولى بأن نجمع عمود الاحاد لكل من ١ وصفر، فيصبح رصيد العمود ١ وهو رقم اصبعي منفرد. لذلك لا يتبقى عندنا ما ننقله الى الخانة الثانية (العمود التالي). اما الخطوة الثانية فهي جمع العمود التالي اي ١ و ١ مما يساوي ٢. ونظرا الى ان القيمة العشرية لـ ٢ لا يمكن التعبير عنها برقم اصبعي منفرد فإننا نحتاج الى النقل من خانة الى اخرى. وكي نتمكن من النقل نضع ١ فوق العمود التالي باتجاه اليسار. هذا النقل يساوي قيمة الاساس (اي ٢ في النظام الرقمي الثنائي). ان الرقم ١ في عمود الثنائيات يساوي ٢ في عمود الآحاد. ولأن نقل قيمة ٢ من عمود قيمته ٢ فان النقل يجعل قيمة العمود صفرا. في العمود الثالث تصبح القيمة ١ و ١ و ١ مما يجعل المجموع ٣ في العشري. مرة اخرى يحصل نقل من العمود الرابع. حيث ١ في هذا العمود يعني نقل ٢ من ٣ فيبقى ١ رصيدا للعمود الثالث. وهكذا يستمر الجمع حتى اكتمال الخطوات على باقي الاعمدة. مثال:

```
 ₂10111
+₂01110
```

الخطوة ١: اجمع العمود الاول ابتداء من جهة اليمين.

```
  1
 +0
 --
  1
```

الخطوة ٢: اذا كان مجموع العمود في الخطوة ١ مساويا أو زائداً عن قوة الاساس اطرح قيمة الاساس من مجموع العمود وانقل ١ الى العمود التالي. (اذا كان مجموع العمود لا يزال مساويا أو زائدا عن الاساس كرر الخطوة ٢).

```
  10111
 +01110
 ------
      1
```

الخطوة ٣: اذا كانت هناك أعمدة جمع اضافية أو كان هناك نقل حصل في الخطوة ٢ اجمع العمود التالي وكرر الخطوة ٢.

```
  1
 +1
 --
  2
```

الخطوة ٢: اذا كان مجموع العمود في الخطوة ١ مساويا أو زائداً عن قوة الاساس اطرح قيمة الاساس من مجموع العمود وانقل ١ الى العمود التالي. (اذا كان مجموع العمود لا يزال مساويا أو زائدا عن الاساس كرر الخطوة ٢).

```
      1
  10111
 +01110
 ------
     01
```

الخطوة ٣: اذا كانت هناك أعمدة جمع اضافية أو كان هناك نقل حصل في الخطوة ٢ اجمع العمود التالي وكرر الخطوة ٢.

```
  1
  1
 +1
 --
  3
```

الخطوة ٢: اذا كان مجموع العمود في الخطوة ١ مساويا أو زائداً عن قوة الاساس اطرح قيمة الاساس من مجموع العمود وانقل ١ الى العمود التالي. (اذا كان مجموع العمود لا يزال مساويا أو زائدا عن الاساس كرر الخطوة ٢).

```
     11
  10111
 +01110
 ------
    101
```

الخطوة ٣: اذا كانت هناك أعمدة جمع اضافية أو كان هناك نقل حصل في الخطوة ٢ أجمع العمود التالي وكرر الخطوة ٢.

```
  1
  0
 +1
 --
  2
```

الخطوة ٢: اذا كان مجموع العمود في الخطوة ١ مساويا او زائداً عن قوة الاساس اطرح قيمة الاساس من مجموع العمود وانقل ١ الى العمود التالي.
(اذا كان مجموع العمود لا يزال مساويا او زائداً عن الاساس كرر الخطوة ٢).

```
  111
  10111
+01110
  0101
```

الخطوة ٣: اذا كانت هناك اعمدة جمع اضافية او كان هناك نقل حصل في الخطوة ٢ اجمع العمود التالي وكرر الخطوة ٢.

```
 1
 1
+0
 2
```

الخطوة ٢: اذا كان مجموع العمود في الخطوة ١ مساويا او زائداً عن قوة الاساس اطرح قيمة الاساس من مجموع العمود وانقل ١ الى العمود التالي.
(اذا كان مجموع العمود لا يزال مساويا او زائداً عن الاساس كرر الخطوة ٢).

```
  1111
  10111
+01110
  00101
```

الخطوة ٣: اذا كانت هناك اعمدة جمع اضافية او كان هناك نقل حصل في الخطوة ٢ اجمع العمود التالي وكرر الخطوة ٢ .

```
 1
+0
 1
```

الخطوة ٢: اذا كان مجموع العمود في الخطوة ١ مساويا او زائداً عن قوة الاساس اطرح قيمة الاساس من مجموع العمود وانقل ١ الى العمود التالي.
(اذا كان مجموع العمود لا يزال مساويا او زائداً عن الاساس كرر الخطوة ٢).

```
  1111
  10111
+01110
 100101
```

في مثلنا التالي نريد ان نجمع الرقم الثماني 265 مع الرقم الثماني 434. تقضي الخطوة الاولى بجمع عمود الاحاد المؤلف من ٥ و ٤ مما يجعل المجموع ٩. ونظرا الى ان اقصى القيمة العشرية لرقم اصبعي واحد في النظام الثماني هو ٧ فمعنى ذلك ان علينا ان نمارس النقل. اي نقل ١ الى راس العمود التالي الذي تبلغ قيمته ٨ (لكونها قيمة الاساس). ان ١ في عمود الثمانيّات يساوي ٨ في عمود الآحاد. ونظرا الى اننا نقلنا ٨ من مجموع العمود البالغ ٩ فأننا نسجل الفرق ومقداره ١٠ تحت العمود الاول. في العمود الثاني المؤلف من ١ و ٦ و ٣ يصبح المجموع في النظام العشري ١٠، وان نقل ١ الى العمود الثالث يجعل قيمته بحسب قيمة الاساس اي ٨. ونظرا الى اننا نقلنا ٨ من اصل ١٠ في العمود الثاني فإننا ندون الفارق وهو ٢ كرصيد للعمود الثاني. نصل الى العمود الثالث والاخير وهو مؤلف من ١ و ٢ و ٤ اي ٧، ونظرا الى ان ٧ في العشري تساوي ٧ في الثماني فاننا لا ننقل شيئا بل ندون ٧ كرصيد لهذا العمود. مثال:

$$
\begin{array}{r}
{}_{8}265 \\
+{}_{8}434 \\
\hline
\end{array}
$$

الخطوة ١: اجمع العمود الاول ابتداء من جهة اليمين.

```
 5
+4
 9
```

الخطوة ٢: اذا كان مجموع العمود في الخطوة ١ مساويا او زائداً عن قوة الاساس اطرح قيمة الاساس من مجموع العمود وانقل ١ الى العمود التالي.
(اذا كان مجموع العمود لا يزال مساويا او زائداً عن الاساس كرر الخطوة ٢).

```
   1
 265
+434
   1
```

الخطوة ٣: اذا كانت هناك اعمدة جمع اضافية او كان هناك نقل حصل في الخطوة ٢ اجمع العمود التالي وكرر الخطوة ٢.

```
 1
 6
+3
10
```

الخطوة ٢: اذا كان مجموع العمود في الخطوة ١ مساويا او زائداً عن قوة الاساس اطرح قيمة الاساس من مجموع العمود وانقل ١ الى العمود التالي.
(اذا كان مجموع العمود لا يزال مساويا او زائداً عن الاساس كرر الخطوة ٢).

```
  11
 265
+434
  21
```

الخطوة ٣: اذا كانت هناك اعمدة جمع اضافية او كان هناك نقل حصل في الخطوة ٢ اجمع العمود التالي وكرر الخطوة ٢.

```
 1
 2
+4
 7
```

الخطوة ٢: اذا كان مجموع العمود في الخطوة ١ مساويا او زائداً عن قوة الاساس اطرح قيمة الاساس من مجموع العمود وانقل ١ الى العمود التالي.
(اذا كان مجموع العمود لا يزال مساويا او زائداً عن الاساس كرر الخطوة ٢).

```
  11
 265
+434
 721
```

في مثلنا نريد ان نجمع الرقم الست عشري 5A9 الى الرقم الست عشري A86. تقضي الخطوة الاولى بجمع ٩ الى ٦ مما يعطينا ١٥ في النظام العشري، او F في النظام الست عشري. فندون F في اسفل العمود الاول. في العمود الثاني نجمع A الى الرقم ٨. ولما كانت A في النظام الست عشري تعني ١٠ فمعنى ذلك ان مجموع العمود اصبح ١٨ وهو رقم يزيد عن الحد الاقصى لارقام النظام الست عشري. فننقل ١ الى العمود الثالث وهذا يعني نقل ١٦ من اصل مجموع الرقم ١٨ فندون الفارق وهو ٢ في اسفل العمود الثاني. في العمود الثالث نلاحظ ان مجموع ارقام العمود تزيد عن الحد الاقصى للرقم في النظام الست عشري فتتم عملية نقل جديدة. ان النقل بحسب قوة الاساس (١٦) تعني نقل كامل مجموع العمود فندون صفرا في اسفل العمود. اما الخطوة الاخيرة فهي تدوين الرقم ١ المنقول باعتباره العمود الرابع. مثال:

$$\begin{array}{r} {}_{16}5A9 \\ +\ {}_{16}A86 \\ \hline \end{array}$$

الخطوة ١: اجمع العمود الاول ابتداء من جهة اليمين.

$$\begin{array}{r} 9 \\ +6 \\ \hline 15=F \end{array}$$

الخطوة ٢: اذا كان مجموع العمود في الخطوة ١ مساويا او زائداً عن قوة الاساس اطرح قيمة الأساس من مجموع العمود وانقل ١ الى العمود التالي. (اذا كان مجموع العمود لا يزال مساويا او زائدا عن الاساس كرر الخطوة ٢).

$$\begin{array}{r} 5A9 \\ +A86 \\ \hline F \end{array}$$

الخطوة ٣: اذا كانت هناك اعمدة جمع اضافية او كان هناك نقل حصل في الخطوة ٢ اجمع العمود التالي وكرر الخطوة ٢ .

$$\begin{array}{r} A \\ +8 \\ \hline 18 \end{array}$$

تذكّر: $A=10$

الخطوة ٢: اذا كان مجموع العمود في الخطوة ١ مساويا او زائداً عن قوة الاساس اطرح قيمة الاساس من مجموع العمود وانقل ١ الى العمود التالي. (اذا كان مجموع العمود لا يزال مساويا او زائداً عن الاساس كرر الخطوة ٢).

$$\begin{array}{r} 1 \\ 5A9 \\ +A86 \\ \hline 2F \end{array}$$

الخطوة ٣: اذا كانت هناك اعمدة جمع اضافية او كان هناك نقل حصل في الخطوة ٢ اجمع العمود التالي وكرر الخطوة ٢.

$$\begin{array}{r} 1 \\ 5 \\ +A \\ \hline 16 \end{array}$$

الخطوة ٢: اذا كان مجموع العمود في الخطوة ١ مساويا او زائداً عن قوة الاساس اطرح قيمة الاساس من مجموع العمود وانقل ١ الى العمود التالي. (اذا كان مجموع العمود لا يزال مساويا او زائدا عن الاساس كرر الخطوة ٢).

$$\begin{array}{r} 11 \\ 5A9 \\ +A86 \\ \hline 02F \end{array}$$

الخطوة ٣: اذا كانت هناك اعمدة جمع اضافية او كان هناك نقل حصل في الخطوة ٢ اجمع العمود التالي وكرر الخطوة ٢.

$$\begin{array}{r} 1 \\ +0 \\ \hline 1 \end{array}$$

الخطوة ٢: اذا كان مجموع العمود في الخطوة ١ مساويا او زائداً عن قوة الاساس اطرح قيمة الاساس من مجموع العمود وانقل ١ الى العمود التالي. (اذا كان مجموع العمود لا يزال مساويا او زائدا عن الاساس كرر الخطوة ٢).

$$\begin{array}{r} 11 \\ 5A9 \\ +A86 \\ \hline 102F \end{array}$$

الطرح

لا تختلف قواعد الطرح المتبعة في الانظمة الثنائية عن قواعد الطرح في النظام العشري، والتي تتمثل في خطوتين:

الخطوة ١: اذا كان الرقم المطروح في العمود الواحد اكبر من الرقم المطروح منه استعر رقما من العمود التالي والواقع الى اليسار. ان قيمة الرقم المستعار هي دائما مساوية لقيمة الاساس في النظام العشري.

الخطوة ٢: اطرح القيمة الدنيا من القيمة العليا.

في هذا المثل يطلب منا ان نطرح الرقم الثنائي 01110 من الرقم الثنائي 10101وسوف نلاحظ ان الطرح في العمود الاول لا يحتاج الى استعارة لان الصفر يمكن ان يطرح من ١. في العمود الثاني علينا ان نطرح واحدا من صفر لذلك نحتاج الى استعارة. نستعير ١ من الرقم التالي الى اليسار. ان الرقم ١ المستعار من العمود الثالث يصبح ٢ في العمود الثاني (لان قوة الاساس هي ٢). ان الرقم ١ في عمود الرباعيات يساوي ٢ في عمود الثنائيات، لذلك يمكن المتابعة بطرح ١ من ٢ في العمود الثاني. في العمود الثالث علينا كذلك ان نطرح ١ من صفر وهنا نحتاج من جديد الى ان نستعير من العمود التالي باتجاه اليسار. العمود الرابع يتضمن صفرا ولا يمكن الاستعارة منه لذلك نستعير من العمود الخامس. ان استعارة ١ من العمود الخامس يمنح ٢ للعمود الرابع. ان الرقم ١ في عمود الست عشريات يساوي ٢ في عمود الثمانيات. وهكذا يصبح العمود الرابع مؤهلا كي نستعير منه. ان الرقم ١ من اصل ٢ المستعار من العمود الرابع يصبح ٢ في العمود الثالث. فنطرح ١ من ٢ ويصبح الرصيد ١. وعندها يصبح الطرح في العمود الرابع ١ من ١ يصبح الرصيد صفرا. اما في العمود الخامس فيكون الطرح صفرا من صفر والرصيد صفرا. مثال:

$$\begin{array}{r} {}_{2}10101 \\ -{}_{2}01110 \\ \hline \end{array}$$

العملية الاولى (الخطوتان ١ و٢)

$$\begin{array}{r} 10101 \\ -01110 \\ \hline 1 \end{array}$$

العملية الثانية

$$\begin{array}{r} 02 \\ 10101 \\ -01110 \\ \hline 11 \end{array}$$

العملية الثالثة

$$\begin{array}{r} 0202 \\ 10101 \\ -01110 \\ \hline 111 \end{array}$$

العملية الرابعة

```
   12
 0202
 10101
-01110
   111
```

العملية الخامسة

```
   12
 0202
 10101
-01110
 0111
```

العملية السادسة

```
   12
 0202
 10101
-01110
 00111
```

عندما تبرز ضرورة للاستعارة في النظام الثماني فاننا نستعير المساوي العشري للرقم ٨. في مثلنا نريد طرح 275 الثماني من 734 الثماني. في العمود الاول نريد ان نطرح ٥ من ٤ لذلك فاننا نحتاج الى الاستعارة. وعلينا ان نتذكر ان ١ في عمود الثمانيات يساوي ٨ في عمود الآحاد. ومعنى ذلك اننا عندما نستعير للعمود الاول فان ما نستعيره يساوي ٨ مما يجعل الرقم ١٢ (في العشري). نطرح ٥ من ١٢ فيكون رصيد العمود الاول ٧. في العمود الثاني نريد ان نطرح ٧ من ٢ فنستعير ثانية. ان استعارة ١ من العمود الثالث يضيف ٨ الى العمود الثاني ويجعل مجموعه ١٠. ان طرح ٧ من ١٠ يبقي لنا ٣. في العمود الثالث نطرح ٢ من اصل ٦ فيبقى لنا ٤. مثال:

```
  8734
 -8275
```

العملية الاولى (الخطوتان ١ و٢)

```
 7212
  734
 -275
    7
```

العملية الثانية

```
  10
 6212
  734
 -275
   37
```

العملية الثالثة

```
  10
 6212
  734
 -275
  437
```

عندما نقوم بالطرح في النظام الست عشري علينا ان نحول الاحرف من A الى F الى ما تعادله من ارقام في النظام العشري قبل اتمام عملية الطرح. في مثلنا نريد ان نطرح الرقم الست عشري 48F من الرقم الست عشري A7B. يعني العمود الاول طرح F من B او (١٥ من ١١ في النظام العشري). ومن الواضح اننا نحتاج الى الاستعارة. ان استعارة ١ من العمود الثاني يضيف ١٦ الى العمود الاول فيصبح ٢٧. نطرح منه ١٥ فيبقى لنا ١٢. ولما كان الرصيد هو في النظام العشري فاننا نقلبه الى ما يعادله في الست عشري اي الى ٢. في العمود الثاني نطرح ٨ من ٦ مما يقتضي الاستعارة. نستعير ١ من العمود الثالث فيضاف ١٦ الى العمود الثاني ويجعله ٢٢. نطرح منه ٨ فيبقى لنا ١٤ او E في الست عشري. في العمود الاخير نطرح ٤ من ٩ فيبقى لنا ٥. مثال:

```
  16A7B
 -1648F
```

العملية الاولى (الخطوتان ١ و٢)

```
        27          11          627
 -F=    15         +16          A7B
      12=C          27         -48F
                                  C
```

العملية الثانية

```
                                 22
                               9627
    22           6              A7B
    -8         +16             -48F
  14=E          22               EC
```

العملية الثالثة

```
   22
 9627
  A7B
 -48F
  5EC
```



مـا هــو؟	كيفَ يعمَل؟	البيَانات	المعَـالـج	الـبرَامـج
اللغـــة	المنطـق	الـدارات	التـأهيـل	الطرفيات

عرضنا في أربعة فصول سابقة للُغة الرَّقميّة الثُّنائيّة باعتبارها اللُّغة التي يَفهمها الكمبيوتر. فشرحنا أوّلاً النِّظام الثُّنائيّ ومن ثمّ النِّظامين الثُّمانيّ والسِّتّ عشريّ المُتفرِّعين عنه. ثمّ عَرضنا لقواعد التَّحويل من الأنظمة الأربعة: العشريّ والثُّنائيّ والثُّمانيّ والسِّتّ عشريّ. وأخيرًا، عرضنا لقواعد الجمع والطَّرح في هٰذه الأنظمة. وفي هٰذا الفصل سوف نُفسِّر كيف تُترجَم اللُّغة الرَّقميّة الثُّنائيّة عمليًّا إلى لغة يَفهمها الكمبيوتر، أي كيف تَتحوَّل اللُّغة الرَّقميّة إلى لغة ثنائيّة إلكترونيّة.

الفصل الحادي عشر اللغة الثنائية الالكترونية

اللغة الثنائية

توجد داخل كل كمبيوتر ملايين البدّالات التي تخزن الطاقة الكهربائية وتنظم سريانها عبر الدارات الكهربائية. ولان البدالات ذات طبيعية ثنائية فهي دائما في احدى وضعيتين: اما مشغلة او مطفأة. وكل وضعية من هاتين الوضعيتين توازي قيمة رقمية. فحينما تكون في وضعية تشغيل فانها تمثل الرقم الاصبعي الثنائي «واحد» وهي الوضعية التي يكون فيها التيار مخزنا او مرسلا عبر الدارة. وحينما تكون في وضعية اطفاء فهي تمثل الرقم الاصبعي الثنائي «صفر» اي الوضعية التي لا يكون فيها اي تيار مخزنا او مرسلا.

الرقم الثنائي 1 = بدّالة مشغلة

أو

الرقم الثنائي 0 = بدّالة مطفأة

0+0

2 1

0 0 =0 المعادل العشري

0+1

2 1

0 1 =1 المعادل العشري

2+0

2 1

1 0 =2 المعادل العشري

2+1

2 1

1 1 =3 المعادل العشري

وهذا يعني ان:

بدالة واحدة تبعث رمزين ثنائيين

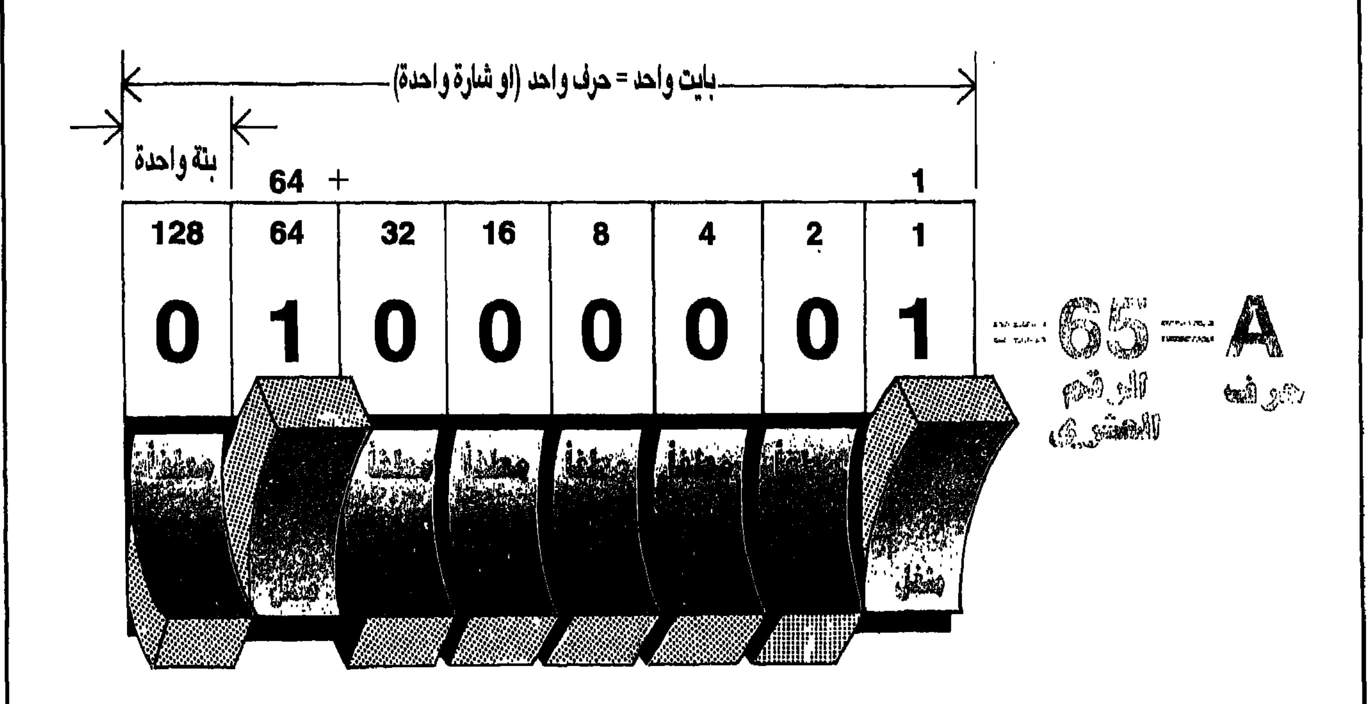
وبدالتان تبعثان بـ ٤ رموز ثنائية.

وكلما زدنا البدالات كلما امكننا ارسال المزيد من الرموز الثنائية. ذلك ان عدد هذه الرموز يتضاعف مع كل بدالة جديدة. اي ان: ٣ بدالات ترسل ٨ رموز ثنائية. ٤ بدالات ترسل ١٦ رمزا ثنائيا. وهكذا دواليك.

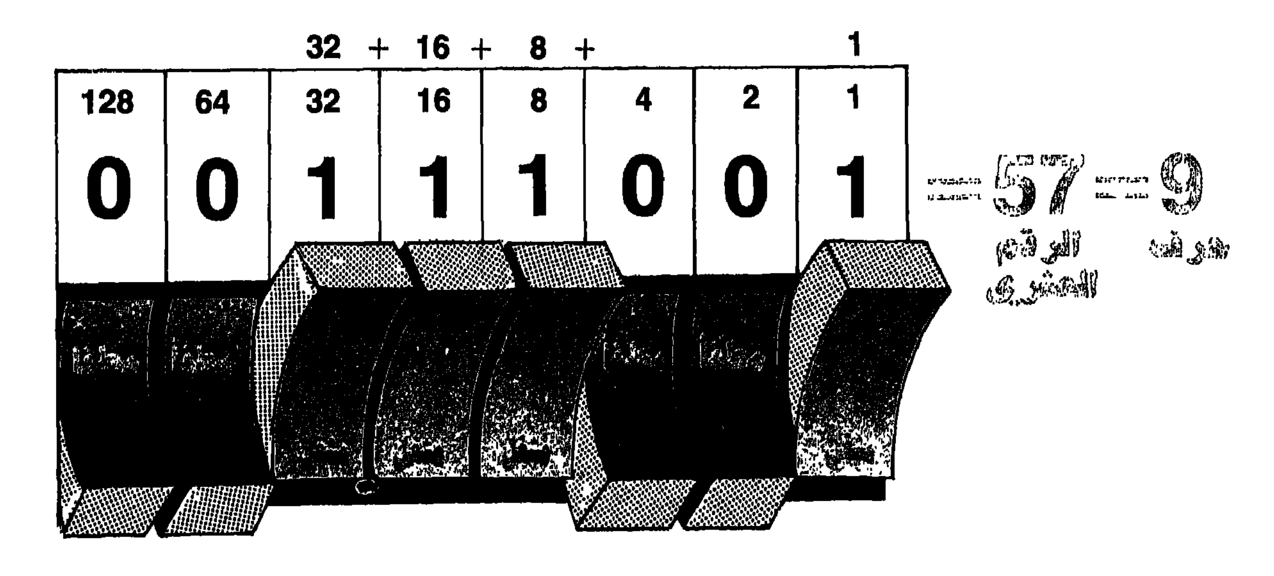
كما هو مبين في الشكل اللاحق

تحويل الاحرف الى اشارات

حينما نضغط على مفتاح في لوحة المفاتيح التابعة لجهاز الكمبيوتر فان مجموعة مكونة من ثماني بدالات تبعث برسالة مؤلفة من ٨ بتات (او بايتا واحدا) لتجري معالجتها في وحدة المعالجة المركزية. هذه الرسالة تمثل المفتاح الذي ضغطنا عليه. ولما كانت لوحة المفاتيح تمثل ارقاما واحرفا ابجدية واشكالا رمزية فقد وضعت جداول تحويلية يعبر فيها بالارقام الثنائية صفر وواحد عن كل رقم عشري او كل حرف ابجدي او شكل رمزي يمكن ان نستعمله. والمثال التالي يبين لنا كيف نستطيع ان نعبر عن الحرف A والذي يساوي ٦٥ في النظام الرقمي العشري باللغة الثنائية الالكترونية.



اما المثال التالي فيبين لنا كيف نستطيع ان نعبر عن الرقم ٩ في النظام الثنائي والمساوي لـ ٥٧ في النظام الرقمي العشري باللغة الثنائية الالكترونية.



جدول وحدات التخزين

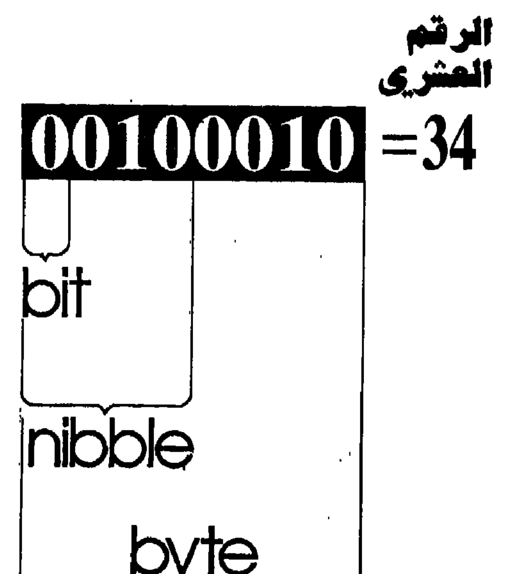
حدّد الرياضي «كلود شانون» اصغر وحدة معلومات في اللغة الثنائية بـ «البتة» (Binary Digit/Bit) وكل ثماني بتات تشكل وحدة تُطلق عليها تسمية البايت (Byte). والبعض يستعمل وحدة مؤلفة من ٤ بتات يُطلق عليها تسمية «نبيل» (Nibble) ومعناها الحرفي القضمة. ولما كان البايت يتألف من ثماني بتات، فمعنى ذلك انه مساوٍ لحرف. فاذا كان لدينا نص للمعالجة مكوّن من ألف حرف فمعنى ذلك انه يتألّف من الف بايت او اربعة آلاف «نبيل» او ثمانية آلاف بتّة. وهناك كمبيوترات تعالج النصوص بوحدات اكبر من البايت يطلق عليها تسمية «كلمات».

٨ بتات = ١ بايت اي شارة واحدة (حرف واحد او رقم عشري واحد او رمز واحد).

١٠٢٤ بايت = ١ ك (كيلوبايت) = ١٠٢٤ شارة.

١٠٠٠ك = ام (ميغابايت) = ١٠٢٤٠٠٠ شارة.

١٠٠٠م = ١غ (جيغابايت) = ١ ٠٢٤ ٠٠٠ ٠٠٠ شارة.



نظام أسكي المعايير

معظم الرموز الثنائية ثُمانية البتات نظرا الى ان الرمز الثماني البتات يساوي ٢ مرفوعة للقوة ٨ اي ٢٥٦ تركيبة مختلفة لآحاد واصفار. وهو عدد كافٍ نستطيع ان نعبر به عن جميع الحروف الابجدية والارقام والرموز التي نستعملها في اتصالاتنا والتي نطلق عليها اسم «شارات» الكترونية. وهكذا تتيح الرموز الثنائية المكونة من ثماني «بتات» وضع لائحة بجميع الاحرف والارقام التي يمكن ان تستعمل في الاتصالات. هذه اللائحة يُطلق عليها اسم نظام أسكي المعاير لتبادل المعلومات. بموجب هذا النظام اختيرت الارقام العشرية لتمثل الحروف الابجدية والارقام والرموز والوظائف المستعملة في الكمبيوترات. وهي موضحة ادناه والى جانبها وضعت الارقام المعادلة لها في النظام الرقمي الثنائي وذلك بحسب النظام الترميزي الاميركي المعاير لتبادل المعلومات «أسكي» (ASCII-American Standard Code for Information Interchange)

طاقم رموز اسكي

16 Hex	8 Octal	10 Decimal	2 Binary	ASCII
00	000	000	00000000	NUL
01	001	001	00000001	SOH
02	002	002	00000010	STX
03	003	003	00000011	ETX
04	004	004	00000100	EOT
05	005	005	00000101	ENQ
06	006	006	00000110	ACK
07	007	007	00000111	BEL
08	010	008	00001000	BS
09	011	009	00001001	HT
0A	012	010	00001010	LF
0B	013	011	00001011	VT
0C	014	012	00001100	FF
0D	015	013	00001101	CR
0E	016	014	00001110	SO
0F	017	015	00001111	SI
10	020	016	00010000	DLE
11	021	017	00010001	DC1
12	022	018	00010010	DC2
13	023	019	00010011	DC3
14	024	020	00010100	DC4
15	025	021	00010101	NAK
16	026	022	00010110	SYN
17	027	023	00010111	ETB

16 Hex	8 Octal	10 Decimal	2 Binary	ASCII
18	030	024	00011000	CAN
19	031	025	00011001	EM
1A	032	026	00011010	SUB
1B	033	027	00011011	ESC
1C	034	028	00011100	FS
1D	035	029	00011101	GS
1E	036	030	00011110	RS
1F	037	031	00011111	US
20	040	032	00100000	space
21	041	033	00100001	!
22	042	034	00100010	''
23	043	035	00100011	#
24	044	036	00100100	$
25	045	037	00100101	%
26	046	038	00100110	&
27	047	039	00100111	'
28	050	040	00101000	(
29	051	041	00101001	)
2A	052	042	00101010	*
2B	053	043	00101011	+
2C	054	044	00101100	,
2D	055	045	00101101	-
2E	056	046	00101110	.
2F	057	047	00101111	/
30	060	048	00110000	0
31	061	049	00110001	1
32	062	050	00110010	2
33	063	051	00110011	3

16 Hex	8 Octal	10 Decimal	2 Binary	ASCII
34	064	052	00110100	4
35	065	053	00110101	5
36	066	054	00110110	6
37	067	055	00110111	7
38	070	056	00111000	8
39	071	057	00111001	9
3A	072	058	00111010	:
3B	073	059	00111011	;
3C	074	060	00111100	<
3D	075	061	00111101	=
3E	076	062	00111110	>
3F	077	063	00111111	?
40	100	064	01000000	@
41	101	065	01000001	A
42	102	066	01000010	B
43	103	067	01000011	C
44	104	068	01000100	D
45	105	069	01000101	E
46	106	070	01000110	F
47	107	071	01000111	G
48	110	072	01001000	H
49	111	073	01001001	I
4A	112	074	01001010	J
4B	113	075	01001011	K
4C	114	076	01001100	L
4D	115	077	01001101	M
4E	116	078	01001110	N
4F	117	079	01001111	O
50	120	080	01010000	P
51	121	081	01010001	Q
52	122	082	01010010	R
53	123	083	01010011	S
54	124	084	01010100	T
55	125	085	01010101	U
56	126	086	01010110	V
57	127	087	01010111	W
58	130	088	01011000	X
59	131	089	01011001	Y
5A	132	090	01011010	Z
5B	133	091	01011011	[

16 Hex	8 Octal	10 Decimal	2 Binary	ASCII
5C	134	092	01011100	
5D	135	093	01011101	]
5E	136	094	01011110	^
5F	137	095	01011111	_
60	140	096	01100000	
61	141	097	01100001	a
62	142	098	01100010	b
63	143	099	01100011	c
64	144	100	01100100	d
65	145	101	01100101	e
66	146	102	01100110	f
67	147	103	01100111	g
68	150	104	01101000	h
69	151	105	01101001	i
6A	152	106	01101010	j
6B	153	107	01101011	k
6C	154	108	01101100	l
6D	155	109	01101101	m
6E	156	110	01101110	n
6F	157	111	01101111	o
70	160	112	01110000	p
71	161	113	01110001	q
72	162	114	01110010	r
73	163	115	01110011	s
74	164	116	01110100	t
75	165	117	01110101	u
76	166	118	01110110	v
77	167	119	01110111	w
78	170	120	01111000	x
79	171	121	01111001	y
7A	172	122	01111010	z
7B	173	123	01111011	{
7C	174	124	01111100	|
7D	175	125	01111101	}
7E	176	126	01111110	~
7F	177	127	01111111	DEL

تفسير الرموز

NUL = null
SOH = start of heading
STX = start of text
ETX = end of text
EOT = end of transmission
ENQ = enquiry
ACK = acknowledge
BEL = bell
BS = backspace
HT = horizontal tab
LF = line feed
VT = vertical tab
FF = form feed
CR = carriage return
SO = shift out
SI = shift in
DLE = data link escape

DC1 = direct control 1
DC2 = direct control 2
DC3 = direct control 3
DC4 = direct control 4
NAK = negative acknowledge
SYN = synchronous idle
ETB = end transmission block
CAN = cancel
EM = end of medium
SUB = substitute
ESC = escape
FS = form separator
GS = group separator
RS = record separator
US = unit separator
SP = space



ما هو؟	كيف يعمل؟	البيانات	المعالج	البرامج
اللغة	المنطق	الدارات	التأهيل	الطرفيات

في الفصول الأربعة ما قبل الأخيرة استعرضنا اللُّغة الرَّقميّة الثُّنائيّة التي يَفهمها الكمبيوتر وَيتعامَل بواسطتها، ثمّ عَرضنا في الفصل الأخير للُّغة الثُّنائيّة الإلكترونيّة، أي الكيفيّة التي يُترجِم فيها الكمبيوتر عمليًا، التَّعليمات الثُّنائيّة إلى إشارات إلكترونيّة ويُميِّز الصفر عن الواحد، ثمّ كيف يُميِّز حرفًا أبجديًا أو رقمًا أو رمزًا عن غيره من خلال قواعد مُعايرة. وفي هٰذا الفصل نَعرض لجانب هامّ وأساسيّ جدًا في عمل الكمبيوتر وهو المنطق الكمبيوتريّ أي لمجموعة القواعد التي تُشَكِّل أساس العمليّات الحسابيّة والمنطقيّة في الكمبيوتر.

الفصل الثاني عشر المنطق الكمبيوتري\١

الجبر البولي

في اوائل القرن التاسع عشر وضع العالم الرياضي البريطاني جورج بول، والذي درس على نفسه، نظام المنطق الرمزي المعروف بالجبر البولي (Boolean Algebra) الذي يمكن تطبيقه على الارقام والحروف والعبارات، كما ويسمح بتشفير الفرضيات، اي العبارات التي يمكن اثبات صحتها او خطئها، بلغة رمزية ومن ثم التعامل معها كما ولو كانت ارقاما.

اهم العمليات الاساسية في الجبر البولي ثلاث:

و (AND)، او (OR)، لا (NOT). وهي تكفي للجمع والطرح والضرب والقسمة بل ولمقارنة الارقام والرموز مع بعضها البعض.

اضافة الى هذه العمليات الثلاث يُوجد في الجبر البولي ما يُعرف بـ «البوابات المنطقية» (Logic Gates) وهي معابر بيانات ثنائية تعالج نوعين فقط من الكيانات المنطقية:

صح ام خطا، نعم ام لا، مفتوح ام مغلق، صفر ام واحد.

فاذا عمدنا الى ترتيب الوف البدالات الالكترونية الدقيقة التي تتضمنها الشرائح بحسب المنطق البولي فأنها تصبح بوابات منطقية قادرة على القيام بالعمليات الحسابية والمنطقية في الوقت نفسه.



العالم الرياضي «جورج بول» واضع نظام المنطق الرمزي الذي يعتبر من المحطات الهامة في الطريق الى الكمبيوتر

البوابات المنطقية

حينما تجمع البوابات المنطقية بعضها الى بعض في تركيبات متنوعة فانها تمكّن الكمبيوتر من ان يقوم باعماله بواسطة النبضات الالكترونية المشفرة والتي تعبر عن اللغة الرقمية الثنائية التي يستخدمها الكمبيوتر.

وكل بوابة منطقية تقبل «داخل» (Input) في شكل ڤولطات كهربائية عالية او منخفضة وتقيسها استنادا الى قواعد مقررة سلفا، وتصدر «خارج» منطقيا (Logical Output) واحدا، هو بدوره على شكل ڤولط كهربائي عال او منخفض. هذا القولط الخارج يستطيع ان يمثل أيا من الوضعيات الثنائية التالية: **نعم ـ لا، واحد ـ صفر، صح ـ خطأ.**

ان بوابة و على سبيل المثال تعطي المعادل الثنائي للرقم ١ فقط اذا كان الداخل صح منطقيا. كما وان بعض البيانات يمكن ان تتنقل من موقع الى آخر وتستطيع ان تفعل ذلك فقط حينما تتلقى بوابة و اشارة صح على جميع خطوط الداخل المتصلة بها.

والقواعد التي تتحكم بسير البوابات المنطقية هي التي تمكنها من تنظيم حركة البيانات والتعليمات داخل الكمبيوتر.









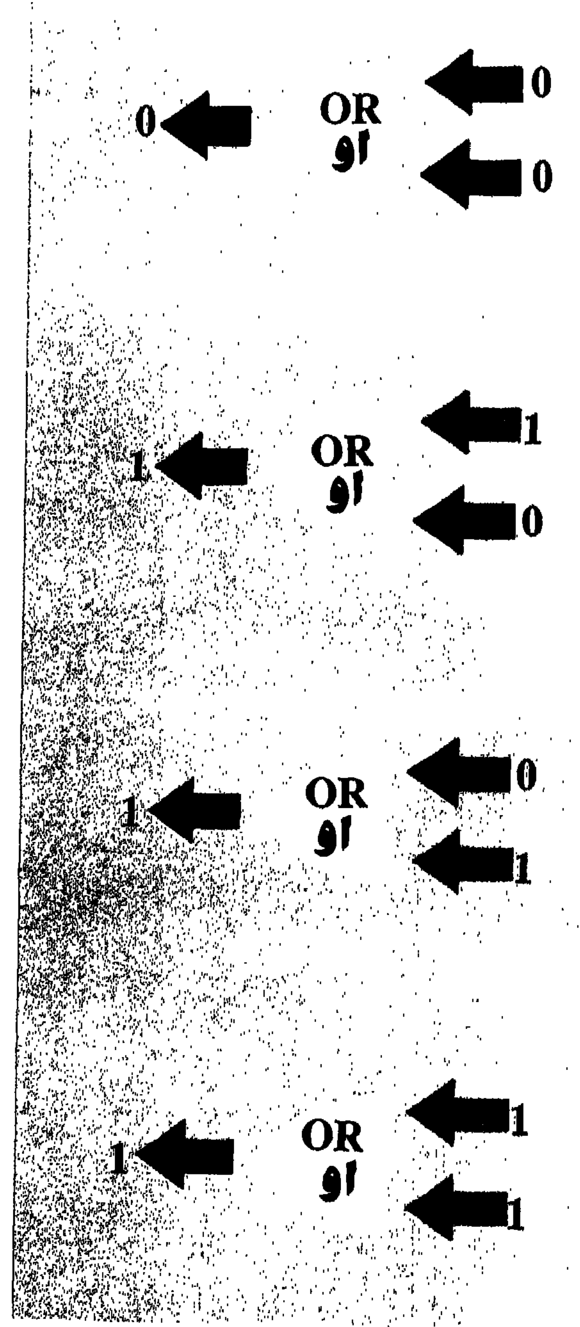
الرسوم الثلاثة المرفقة توضح طريقة تنفيذ عمل البوابات. اما الصورة في الصفحة المقابلة، فتمثل بوابة منطقية فعلية داخل الشريحة: الخطوط البيضاء «العنكبوتية» مصنوعة من الالومنيوم ومهمتها وصل الترانزستورات بباقي مكوّنات الدارة المدمجة (الصورة مكبّرة ٣٩ مرة). اما الحجم الحقيقي للبوابة فهو النقطة الصغيرة البيضاء فوق البوابة.



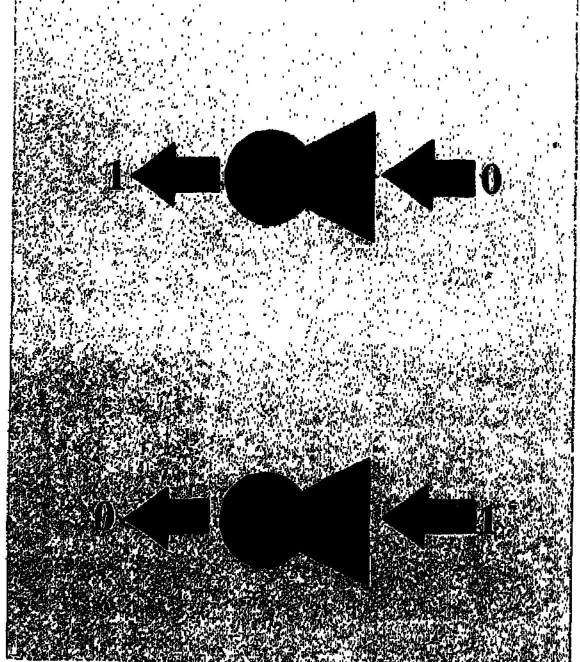
الرسم (١)

تمثل البوابات المرسومة اعلاه بوابات و وهي منسقة على غرار عمل الدارات الكهربائية. ورغم ان كل بوابة هي موسومة بسهمي «داخل» فان بوابات و تستطيع، بالواقع، قبول «داخلين». ولكن، وعلى غرار جميع البوابات المنطقية، فانها لا تصدر الا خارج واحد.

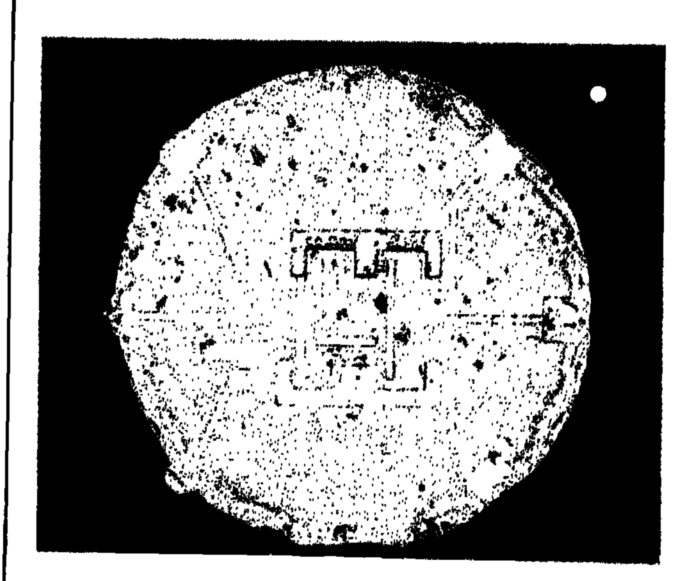
والقاعدة الرئيسية التي تتحكم ببوابة و هي انها تمرر ما يعادل الرقم ١ الثنائي او فرضية صح المنطقية وذلك فقط عندما يكون جميع «الداخل» اليها من نوع صح. ويلاحظ ان البوابات الثلاث العليا تمرر صفر او فرضية خطا المنطقية لانها لا تتلقى ١كداخل، وحدها البوابة السفلى تمرر الرقم ١ او صح كخارج.



الرسم (٢)
الرسم اعلاه يمثل بوابات او والتي تستطيع، على غرار بوابات و، ان تقبل اكثر من داخلين ولكنها لا تمرر الا خارجا واحدا. على انه لا بد من الاشارة الى ان بوابات او هي اقل دقة. فاذا تأملنا الرسم نلاحظ ان بوابة او تمرر الرقم الثنائي ١ او فرضية صح المنطقية اذا كان واحد فقط من الداخل يحمل فرضية صح. والمرة الوحيدة التي تمرر فيها بوابة او صفر الثنائي او فرضية خطا المنطقية هي عندما يكون جميع «الداخل» خطا.



الرسم (٣)
تمتاز بوابة لا بانها عاكسة، اي انها تحول الاشارة الى عكسها. ولذلك نلاحظ بانها مرسومة على شكل سهم ينتهي راسه بدائرة لتدوير النتائج، وخلافا لبوابات و و او فان بوابة لا تقبل داخلا واحدا فقط والذي يتم تحويله الى نقيضه، اي من صفر الى واحد او من واحد الى صفر.
وغالبا ما تُبرمج بوابات او مع بوابات و و او لتشكل بوابات هجينة هي بوابتي لا و(NAND اي Not AND) و لا أو (NOR اي Not Or) واللتان تستعملان لمعالجة الداخل بحسب قواعد و/او ومن ثم عكس النتائج اوتوماتيكيا.



مكونات البوابة المنطقية

كل كمبيوتر حديث أيا كان حجمه او عمله، يستخدم البوابات المنطقية للقيام بأعماله.

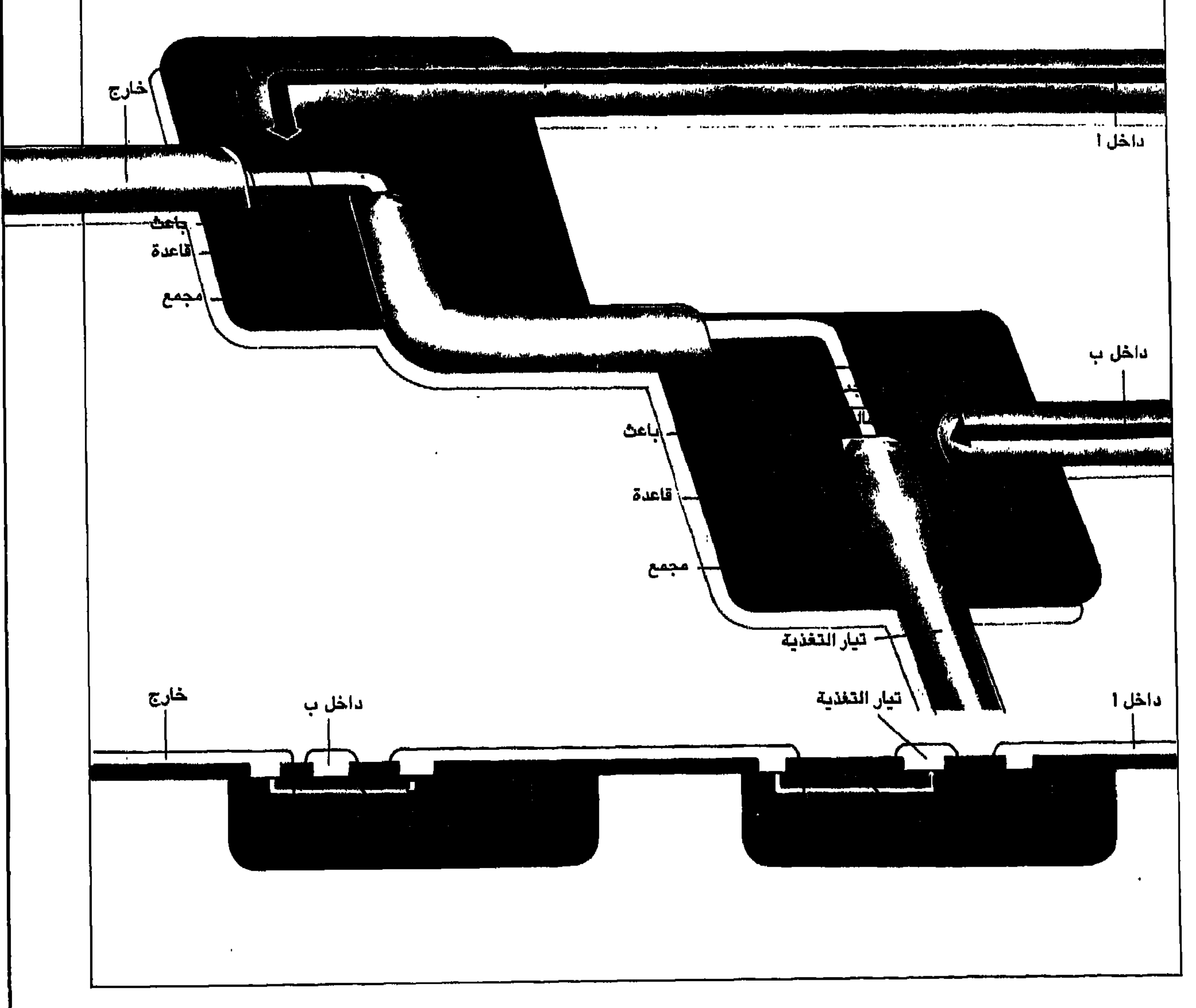
وتتألف البوابة المنطقية من عدة مكونات ابرزها الترانزيستورات، اي البدالات الالكترونية التي تعمل على اساس **مشغل** او **مطفا** القادرة على تمرير التيار الكهربائي او ايقافه.

فاذا كانت البوابة من نوع لا فان الترانزيستورات معدة بطريقة تجعلها تسمح بعملية ثالثة وهي تلقي التيار الخفيف مثلا وتحويله الى تيار قوي والعكس بالعكس، واعادة ارسال التيار بعد تبديله.

والرسم أدناه يضم تصميمين للبوابة المنطقية احدهما مقطع عرضي (السُفلي) والثاني مسطح (العلوي). كلاهما يبينان كيف تبدو البوابة المنطقية من الداخل وكيف تتصل البوابة الواحدة بالاخرى لتمرر الاشارة التي تردها من شقيقتها.

والبوابتان المرسومتان هما بوابتا و وكل واحدة منهما مهيئة لتمرير التيار فقط في الحالة التي يكون فيها التيار مرتفعا في كل الاشارات الكهربائية التي تدخل البوابة. فعندما تعبر النبضات الكهربائية من بوابة الى اخرى، فانها تشغّل الترانزيستورات عن طريق تمرير التيار بين الباعث (Emitter) والمجمِّع (Collector). وتكون النتيجة استمرار مرور التيار من بوابة الى اخرى في الدارة.

ويمثل اللون الاخضر التيار واتجاهه، في حين يمثل السهمان الاحمران مصدرين مستقلين لاشارات كهربائية مرتفعة يؤديان بالترانزيستورات الى تمرير التيار عبر البوابة. ولو كان احد السهمين او كلاهما منخفض الشدة لكان مرور التيار قد توقف عن العبور.





مَا هــو؟	كيفَ يعمَل؟	البيَانات	المعَالج	البرَامج
اللغـة	المنطق	الدارات	التأهيل	الطرفيات

في الفصل السابق باشرنا شرح المقصود من المنطق الكمبيوتريّ وعرضنا بصورة خاصّة لمفهوم الجبر البوليّ والبوّابات المنطقيّة وكيفيّة عملها وتصميمها. وفي هٰذا الفصل نُتابِع شرح المنطق الكمبيوتريّ مُتناولين طريقة ربط البوّابات بَعْضِها ببعضٍ بقصد القيام بالعمليّات الحسابيّة.

الفصل الثالث عشر المنطق الكمبيوتري/٢

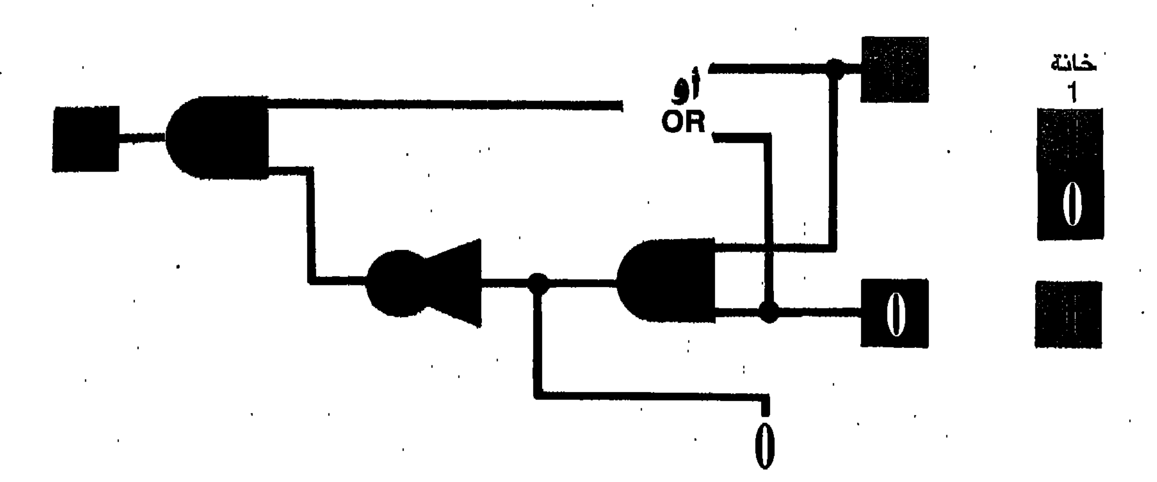
ربط البوابات المنطقية ببعضها

يمكن ربط البوابات المنطقية و، أو، لا ببعضها البعض لتشكل نوعين من الدارات الالكترونية والتي يطلق عليها اسم جوامع نصفية (Half-Adders) وجوامع كلية (Full-Adders) على التوالي.

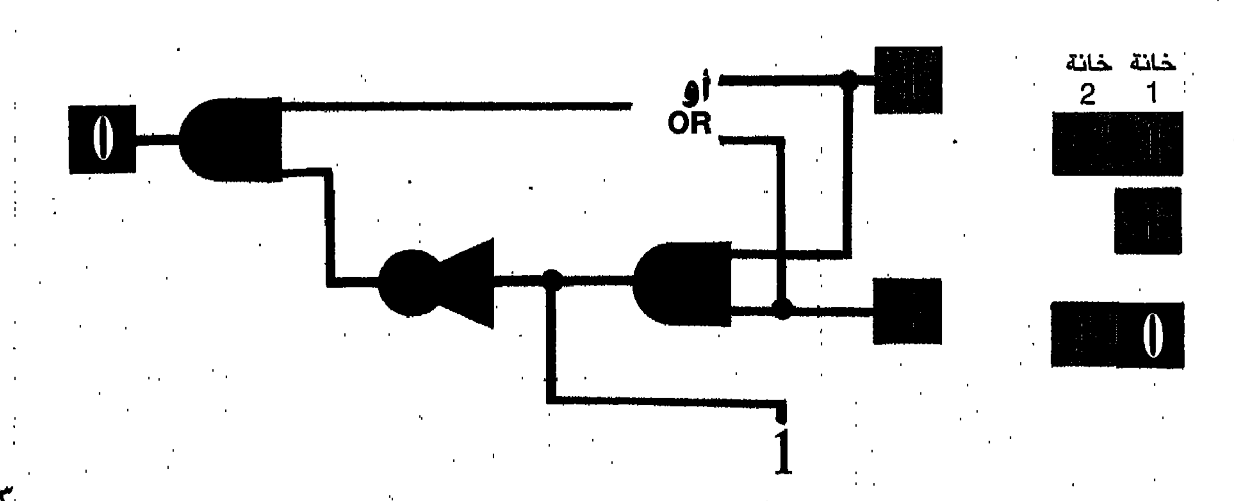
هذان النوعان من الدارات يمكّنان الكمبيوتر من القيام بعمليات الجمع الثنائية. ثم، وبقليل من التعديل، يسمحان كذلك بالطرح والضرب والقسمة.

والنوع الابسط بينهما هو بالطبع الجوامع النصفية التي تستطيع جمع رقمين إصبعيين (Digits) ثنائيين، واظهار النتيجة مع أي رصيد قد يتبقى. ولكنها لا تستطيع التعامل مع

التتمة صفحة ٦٤



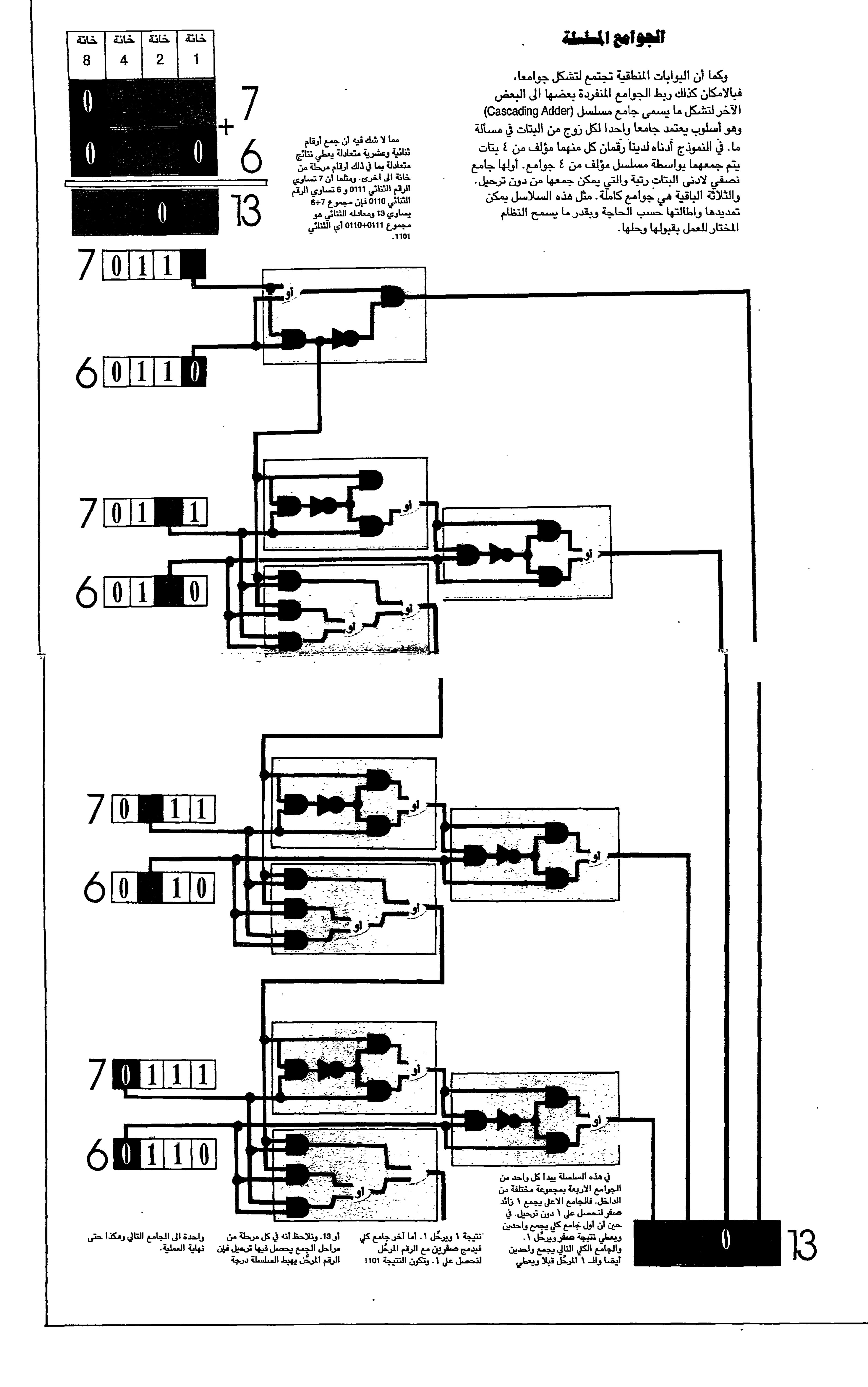
الرسم رقم ١



الرسم رقم ٢

الجوامع المتسلسلة

وكما أن البوابات المنطقية تجتمع لتشكل جوامعا، فبالامكان كذلك ربط الجوامع المنفردة بعضها الى البعض الآخر لتشكل ما يسمى جامع مسلسل (Cascading Adder) وهو أسلوب يعتمد جامعا واحدا لكل زوج من البتات في مسألة ما. في النموذج أدناه لدينا رقمان كل منهما مؤلف من ٤ بتات يتم جمعهما بواسطة مسلسل مؤلف من ٤ جوامع. أولها جامع نصفي لادنى البتات رتبة والتي يمكن جمعها من دون ترحيل. والثلاثة الباقية هي جوامع كاملة. مثل هذه السلاسل يمكن تمديدها واطالتها حسب الحاجة وبقدر ما يسمح النظام المختار للعمل بقبولها وحلها.



مما لا شك فيه أن جمع أرقام ثنائية وعشرية متعادلة يعطي نتائج متعادلة بما في ذلك أرقام مرحلة من خانة الى أخرى. ومثلما أن 7 تساوي الرقم الثنائي 0111 و 6 تساوي الرقم الثنائي 0110 فإن مجموع 7+6 يساوي 13 ومعادله الثنائي هو مجموع 0111+0110 أي الثنائي 1101.

في هذه السلسلة يبدأ كل واحد من الجوامع الاربعة بمجموعة مختلفة من الداخل. فالجامع الاعلى يجمع ١ زائد صفر لتحصل على ١ دون ترحيل. في حين أن أول جامع كلي يجمع واحدين ويعطي نتيجة صفر ويرحّل ١. والجامع الكلي التالي يجمع واحدين أيضا والـ ١ المرحّل قبلا ويعطي نتيجة ١ ويرحّل ١. أما آخر جامع كلي فيدمج صفرين مع الرقم المرحّل لتحصل على ١. وتكون النتيجة 1101 أو 13. ونلاحظ أنه في كل مرحلة من مراحل الجمع يحصل فيها ترحيل فإن الرقم المرحّل يهبط السلسلة درجة واحدة الى الجامع التالي وهكذا حتى نهاية العملية.

رقم اصبعي ثالث مرحّل من رصيد لعملية سابقة. ولهذا فإن استعمالها يقتصر على الجمع في الخانات (الاعمدة) الاولى فقط من سلسلة جمع منطقية لا يتبقى فيها ارقام للترحيل الى خانات ثالثة.

بالمقابل فإن الجوامع الكلية تستطيع أن تتعامل مع رقمين اصبعيين وترحيل ما يتبقى لاستعماله في أي مكان آخر من السلسلة.

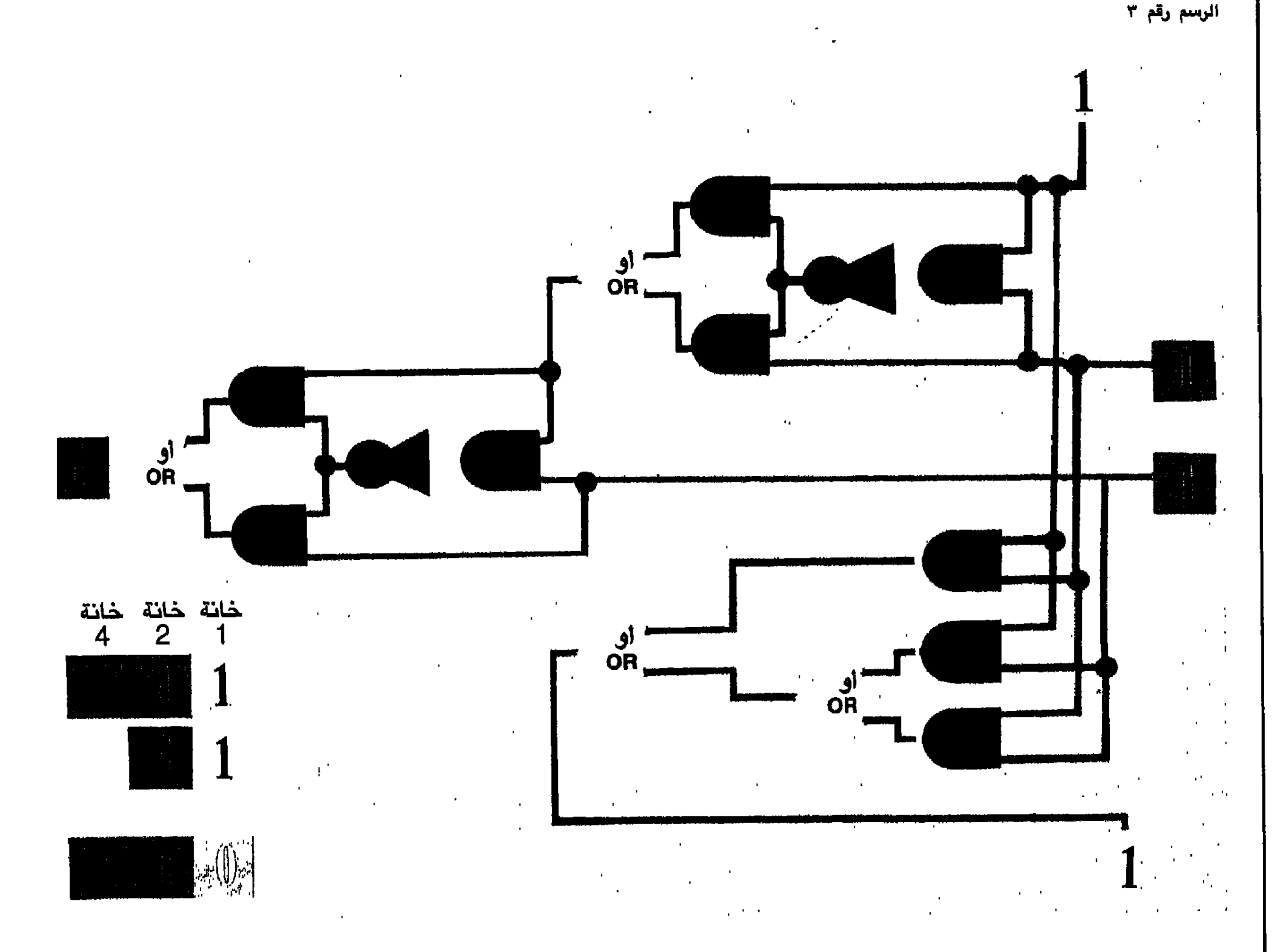
ولا يوجد هناك نسق واحد محدد للعناصر المنطقية التي تشكل هذه الدارات، بل هناك ترتيبات مختلفة لتشكيل البوابات. (والجدير بالذكر أن بوابة أو كافية بحد ذاتها للقيام بثلاثة أرباع المهام المطلوبة من جامع نصفي نظرا الى أنها تمرر صفر عندما يكون الداخلان صفر أو ١ فقط عندما يكون أحد الداخلين ١. لكن، ولسوء الحظ، فإنّ بوّابة أو، التي تمرّر ١ عندما يكون احد الداخلين ١، تعطي أيضا ١ عندما يكون الداخلان ١، وليس صفر كما لو انّها عملية جمع في النظام الثنائي، حيث داخلان ١ ينتجان صفر، ثمّ ١ للترحيل). والواقع أنه يكفي أن يعطينا الترتيب الذي اخترناه للبوابات الرقم ١ أو صفر وذلك حسب مقتضى الحال لاجراء جميع المهام الحسابية والمنطقية المطلوبة.

والرسوم الثلاثة((١و٢)المنشوران على صفحة ٣١ والرسم (٣) المنشورأدناه) تبين ابسط انواع المخططات المعتمدة للبوابات وأقلها تعقيدا. وتمثّل الخطوط الحمر الاسلاك التي تمرّر فولطا كهربائيا عاليا او الرقم الثنائي ١. وأما اللون الاسود، فيمثّل الاسلاك التي تمرر فولطا كهربائيا منخفض الرقم صفر الثنائي. اما نقاط تقاطع الاسلاك، حيث يتم ت التيار الوارد من داخل ما الى بوابتين أخرتين او أكثر، فمل بالاسود.

الرسمان (١و٢) منشوران على ص ٣١
جامعان نصفيان كل منهما مؤلف من بوابة او و لا و و يوضحان كيف يتم جمع رقمين اصبعيين ثنائيين. النموذج الاعلى يمرر التيار من داخلين احدهما صفر والآخر ١ عبر بوابتي او وبوابة و الاولى. تمرر بوابة او الرقم ١ الى بوابة و فتعطي الاخيرة صفر. عندئذ تتولى بوابة لا عكس الصفر الى ١ والذي يلتئم مع ١ المعطى قبلا من بوابة او ليصيرا داخلا في بوابة و الثانية فتعطينا هذه نتيجة ١ دون أية بقية.
أما الجامع السفلي فيتبع الاجراءات نفسها لجمع ١ مع ١ ويبقي ١ للترحيل.

الرسم (٣)
نحتاج الى جامع كلي لمعالجة عمليات الجمع التي تحوي أرقام مرحّلة. في المثال التالي جرى ترتيب البوابات في ثلاث وحدات مستقلة بقصد إيضاح أسلوب عملها. تتو الوحدة العليا معالجة الارقام المر وارقام الـ ١ التي تشكل داخلا وتعطي صفر، والذي يمر بدوره ا الوحدة الاخيرة (الجانبية) لتعال مع الداخل الآخر وتعطي الرقم ١ كنتيجة.
أما الوحدة السفلى فتعالج كلا أرقام الداخل والارقام المرحّلة لا: الرقم ١ والذي يمر بدوره الى خط الترحيل.

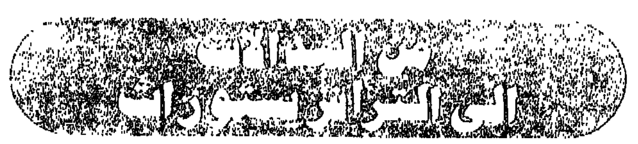
الرسم رقم ٣

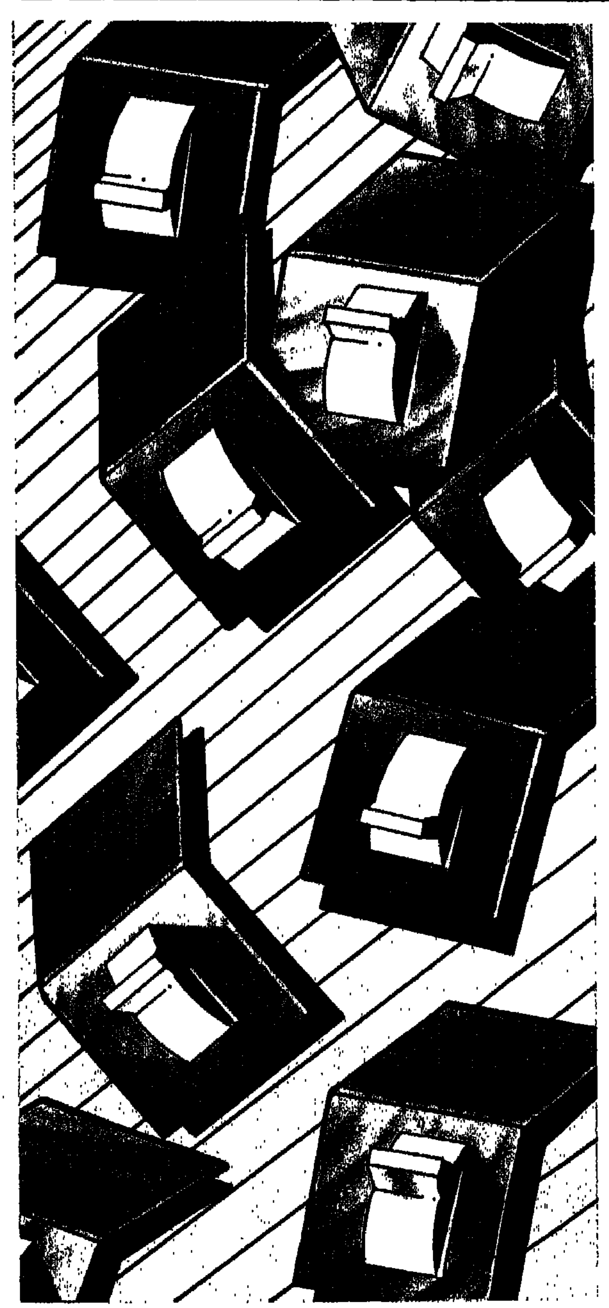




ذكرنا في الفصل ما قبل الأخير أنّ للجبر البوليّ ثلاث عمليّات أساسيّة وهي، و، أو، لا، تُستعمَل للجَّمع والطَّرح والضَّرب والقسمة وكذٰلك لمقارَنة الأرقام والرُّموز بَعْضِها ببعض، وشرحنا طريقة عمل الجبر البوليّ وخاصّة «البوّابات المنطقيّة»، كما ذكرنا أنّ الجبر البوليّ يسمح بالتّعامل مع الفرضيّات المنطقيّة أي العبارات التي يُحتمَل أن تكون إمّا صحيحة وإمّا خاطئة. وفي هٰذا الفصل نُبيِّن كيفَ تتمّ مُعالجَة الفرضيّات المنطقيّة على نحو رقميّ ثنائيّ.

الفصل الرابع عشر الدارات الثنائية ١/





في النظام الالكتروني الثنائي توجد، كما عرضنا مراراً، حالتان لا ثالث لهما يتعامل معهما الكمبيوتر وهما في مختلف أحوالهما إما «مفتوح أم مغلق» أو «صحيح أم خطأ» أو «نعم أم لا» أو «واحد أم صفر».

فعندما نريد التعامل مع الفرضيات المنطقية فإننا نعتمد فرضيتي صح أم خطأ. فإما تكون الفرضية صحيحة أم خاطئة ولا يوجد حل وسط. أي لا يوجد نصف صحيح ولا نصف خطأ. ولا ثلاثة أرباع صحيح ولا ربع خطأ. والبدالة هي اما مفتوحة أو مغلقة، أي اما ١ أو صفر.

لذلك فعندما تكون العبارة أو الفرضية صحيحة فإننا نقول إن قيمتها واحد وإذا كانت خاطئة فنقول أن قيمتها صفر. وعلى سبيل المثال إذا قلنا إن «الماء رطب» نستطيع أن نعبّر عن ذلك بما يلي: أ = الماء رطب. ولما كانت هذه الفرضية صحيحة أي أن الماء هو رطب حقاً، فإننا نكتب الفرضية على الشكل التالي: أ = ١. [ينبغي أن نلاحظ هنا أن ١ لا يعني نصف ٢ أو ثلث ٣ بل كياناً واحداً غير قابل للتجزئة ويمثّل قيمة منطقية للفرضية الصحيحة].

واذا قلنا إن «الثلج أسود» نعبّر عن هذه العبارة بما يلي: ب = الثلج الاسود. ولما كانت هذه الفرضية غير صحيحة فإننا ندوّنها على الشكل التالي: ب = صفر.

وعندها تكون لدينا فرضيتان أ = ١ و ب = صفر وبالتالي تكون عندنا قيمتان لا ثالث لهما: الواحد والصفر.

واذا تقدّمنا مرحلة إلى الامام نطرح السؤال التالي: هل صحيح أم خطأ القول بأن الماء رطب والثلج أسود. إن مثل هذا السؤال هو فرضية مدمجة. وكي نحصل على نتيجة صحيحة لمثل هذه العبارة المدمجة (أ.ب) ينبغي أن يكون الجواب ١. ولكننا نعرف أنه في حين أن أ = ١ فإن ب = صفر. إذن فإن أ.ب = صفر. ومعنى ذلك أن الفرضية غير صحيحة.

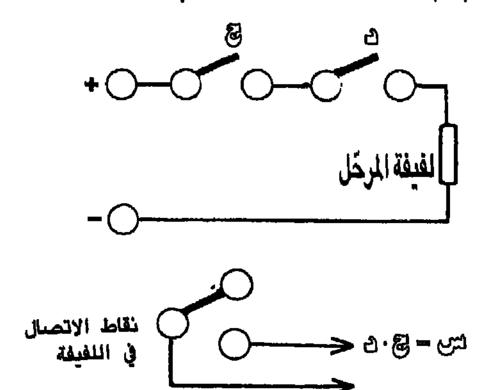
ولكننا اذا أدخلنا عنصر أو فإنه يوفّر لنا مجالاً للتعاطي مع هذه الفرضية المدمجة بصورة مختلفة. عندها نستطيع أن ندمج العبارتين والخروج بجواب صحيح. كيف؟ نقول إذا كانت احدى العبارتين أ أو ب صحيحة فالعبارة اذا صحيحة مثلاً «اذا كان الماء رطباً أو الثلج أسوداً فعندها أرتدي الحذاء». ولذلك فإن أو توفر مجالاً واسعاً للتحليل المنطقي.

وهناك نوعان من أو. الاول نوع يطلق عليه «أو الضمنية» (Inclusive OR) والذي يمكننا من وصل عبارتين. فإذا كان أي من العبارتين أو كلتاهما صحيحاً فالعبارة صحيحة. وهكذا فإن أ أو ب = ١ اذا كان أ = ١ أم ب = ١ أو كلاهما = ١. في الجبر البولي نكتب أ أو ب على الشكل التالي: «أ+ب» [وإشارة + هنا لا علاقة لها بمفهوم زائد في الرياضيات].

وأما النوع الثانى من أو فهو النوع المعروف بـ «أو الحاصرة» (Exclusive

(OR وتكتب معادلته على الشكل التالي: أ ⊕ ب. وتستعمل او الحاصرة في الحالات التي تكون فيها عبارة واحدة من العبارتين فقط صحيحة لا الاثنتان معاً.
الى جانب و و او هناك أيضاً لا. هذه الاخيرة تستعمل للنفي ويصح أن نطلق عليها لا النافية. نقول مثلا «صمام الامان هو«لامغلق»ام ان « المخزن لا ممتلىء».
ويرمز الى لا النافية بالحرف الذي يمثلها وفوقه «مَدَّة» مثل أ تصبح آ.
ولننتقل الآن إلى بعض الرسوم التوضيحية:
الرسم رقم (١) يشير إلى بدالتين ج و د تعملان على بوابة و حيث ج تعني أن «صمام الامان مغلق» و د تعني«الخزان ممتلىء». وعلينا في هذا المثال تفريغ محتويات الخزان شرط أن يظل صمام الأمان مغلقاً ويكون الخزان ممتلئاً أي ينبغي أن يكون ج = ١ و د = ١. وهناك بوابة س عند نقطتي اتصال تنغلقان وفق معادلة قوامها س = ج.د. أي أنه عندما تنغلق ج و د تنغلق س. فما هي احتمالات تفريغ الخزان؟
والجدول ادناه المعروف بجدول الصحة (Truth Table) يوضح الاحتمالات، كما يوضح الرسم تركيب الدورة الكهربائية.

رسم رقم ١ **بوابة و**

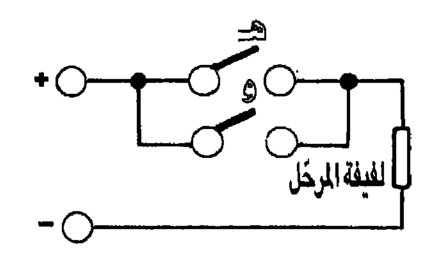


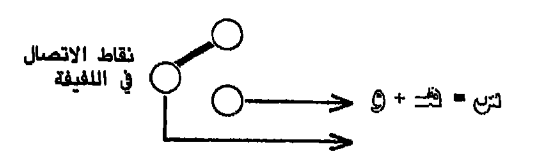
جدول الصحة

ج	د	س = ج.د
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

الرسم رقم (٢) يفسر طريقة عمل بدالة أو حيث يمكن أن نباشر بالعملية عندما تكون أ او ب أو كلاهما مساويين لـ ١. وبدوره فإن جدول الصحة يبين احتمالات ذلك.

رسم رقم ٢ **بوابة أو**



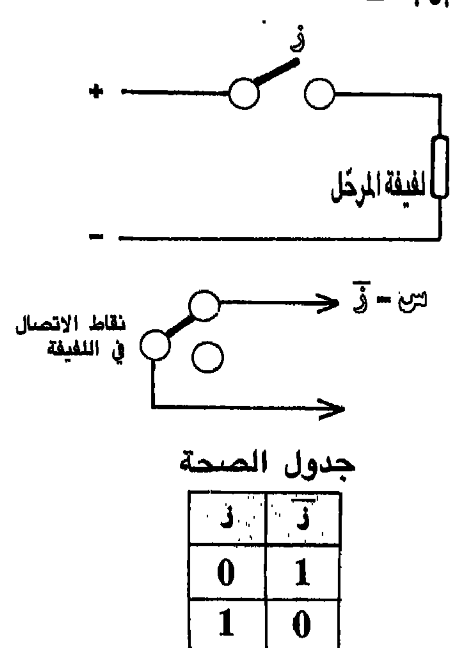


جدول الصحة

هـ	و	س = هـ + و
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

الرسم رقم (٣) يفسر طريقة عمل لا النافية فنلاحظ أنها تقوم بالفعل بعملية تحويل او قلب، أي تحوّل الواحد إلى صفر والعكس بالعكس لذلك فالاصح أن يطلق عليها لا العاكسة. ويبين جدول الصحة احتمالات العكس. وهناك حالات عديدة تنشأ فيها الحاجة إلى عكس وظيفة ما إلى ما يقابلها. في هذه الحالة نقول أنه اذا كانت أ = ١ فإن آ ينبغي أن تساوي صفراً نظراً إلى أن الواحد والصفر هما القيمتان الصحيحتان المسموح التعامل بهما. لذلك فإذا كان صحيحاً القول بأن «الماء رطب» فإن «ليس صحيحاً القول بأن الماء ليس رطباً». وكلتاهما عبارتان صحيحتان.

رسم رقم ٣ **بوابة لا**



جدول الصحة

$\bar{ز}$	ز
1	0
0	1

تطور البدالة

كانت البدالة في أول عهدها تعتمد على مرحّل (Relay) كهرمغنطيسي. ولذلك كانت بطيئة. وقد أدى ذلك، إلى جانب حجمها الكبير وسهولة عطبها وتوليدها العالي للحرارة، إلى البحث عن بدالة أفضل. فقد كان الكمبيوتر «إينياك» (ENIAC)، وهو أول كمبيوتر، يولد حرارة شديدة بسبب كثرة بدالاته المصنوعة من الانابيب

المفرغة الى درجة انه كان يلزم تبريد المكان بالمراوح باستمرار. ومع ذلك فقد كانت حرارة الغرفة ترتفع إلى ٤٩ درجة مئوية . وقد وجد الخبراء ضالتهم في بدالات مصنوعة من مواد موصلة جزئياً يطلق عليها ترانزيستورات. وهي دقيقة الحجم طفيفة الوزن ورخيصة الثمن. والاهم ان ليست فيها أية أجزاء متحرّكة قابلة للعطب مما يجعلها تخدم مدى الحياة اذا ما وضعت ضمن دارات حسنة التصميم. هذه الترانزيستورات تمتاز كذلك بقدرتها الكبيرة على التبديل (Switching)وذلك بمعدل الف مليون مرة في الثانية الواحدة. وبالنظر إلى صغر حجمها فإن مئات منها يمكن أن تدمج في دارات صغيرة الحجم. ولاعطاء فكرة عن صغر حجمها فإن الخبراء يستطيعون أن يجمعوا كل الدارات الكهربائية لكمبيوتر «اينياك» والتي كانت تتألف من ١٧،٤٦٨ أنبوباً مفرغاً وتستهلك مساحات شاسعة في رقعة لا تتعدّى ورقة اللعب.

والبدالة المثالية هي تلك التي تمتاز بدرجة مقاومة للتيار الكهربائي بين قطبيها لا تتعدّى حدود الصفر (أي صفر مقاومة) حينما تكون في وضعية «مشغّل»، ومقاومة قصوى لا نهائية حينما تكون في وضعية «مطفأ». وتستطيع في الوقت نفسه ان تتحول من وضعية «مطفأ» الى «مشغّل» والعكس بالعكس في صفر زمن. مثل هذه البدالة لا تبدد أية طاقة لان التيار العابر فيها هو إما صفر عندما تكون البدالة «مطفأة» أو في حدود صفر فولط حينما تكون مشغلة. وهذا ما يوفره نسبياً الترانزيستور الذي «لربما يعتبر اهم اختراعات القرن» والذي يخضع حاليا لتجارب مكثفة لزيادة فعاليته على النحو الذي تحدثنا عنه.

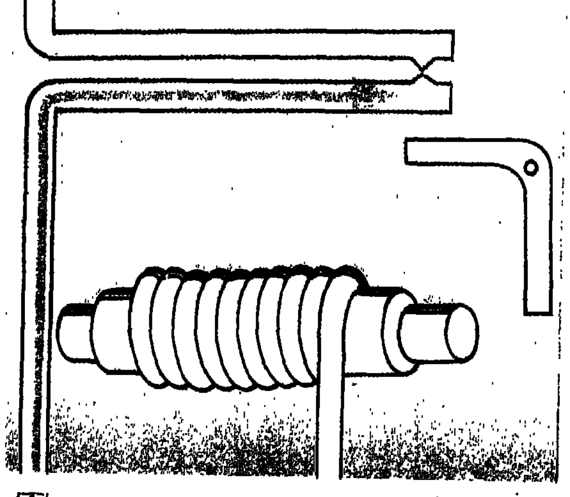
وفيما يلي أبرز المراحل التطورية للبدالة:

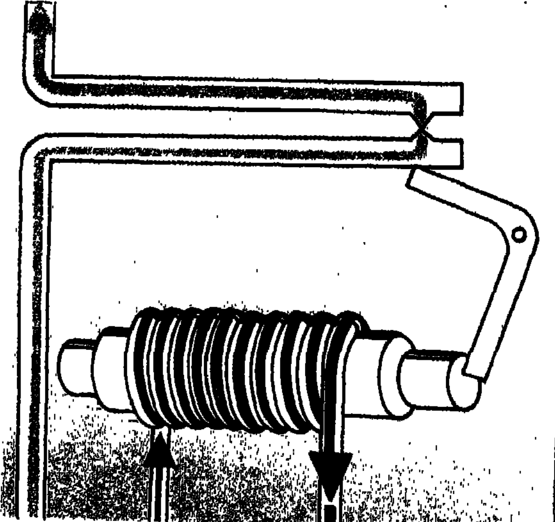
البدالة الميكانيكية
(Mechanical Turn Switch)



في القرن التاسع عشر، أي عشية ظهور الكمبيوتر، اعتمدت بدالة ميكانيكية تدار باليد ولا تزال تشكل الاساس النظري لجميع بدالات اليوم حتى الترانزيستورية منها. فبحركة فتل بسيطة تنتقل البدالة الاساسية إلى اتجاه «مشغل» نتيجة اتصال المحور المعدني (اللون الازرق) إلى اتجاه الدارة بين نقطتي الاتصال مما يتيح المجال للتيار (اللون البرتقالي) بالمرور.

المحول الكهرميكانيكي
(Electromechanical Relay Switch)



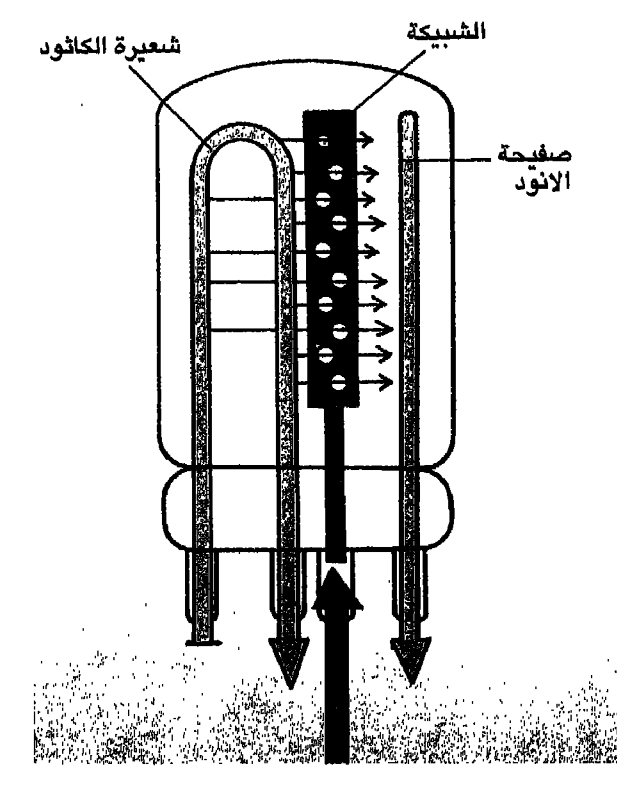


اعتمدت الكمبيوترات التجريبية الاولى - مثل «مارك ١» (Mark 1) - بدالات قوامها محول كهربائي ميكانيكي من النوع الذي كان واسع الانتشار في الصناعات الهاتفية. فحينما كانت البدالة مفتوحة (فوق) كان التيار ينقطع. ولكن حينما كان تيار خفيف يمرر عبر السلك الملتف حول قضيب من الحديد (تحت) فإن تياراً مغناطيسياً يتولد ويجذب أحد طرفي محور زاوي الشكل فيضغط الطرف الآخر للمحور على نقطتي اتصال مغلقاً بذلك الدارة الكهربائية ومتيحاً المجال لعبور التيار.

المرحل Relay في الراديو يستعمل لاعادة البث الاذاعي. والمرحل في الاتصالات يستعمل لتمريره اشارات الاتصال من واحدة الى اخرى، والمرحل في الكهرباء يستعمل لوصل او قطع اتصال او اكثر في الدارة.

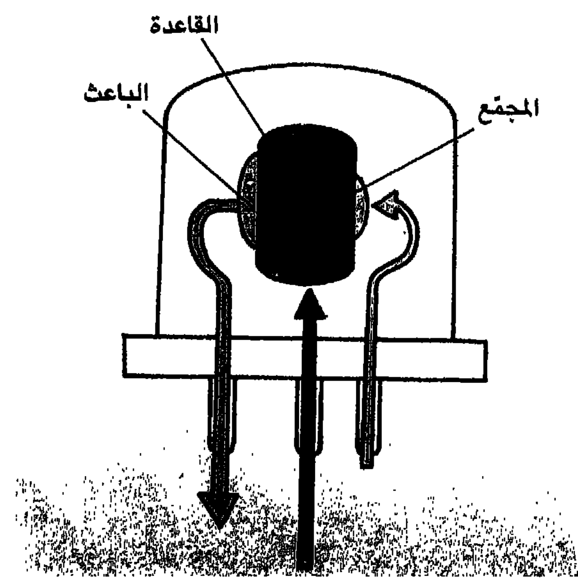
الانبوب الالكتروني الثلاثي الصمامات |١٩٠٦|
(Triode Electron Tube)

عرف هذا النوع والمستعمل في أوائل القرن العشرين بالانابيب المفرَّغة وقد اعتمد للكمبيوترات الاولى التي نزلت الى السوق كاينياك. وكان يلزم الالوف من هذه الانابيب لعمل الكمبيوتر. أما مبدأ عملها فهو التالي: توجَّه شحنة موجبة إلى الشبيكة (Grid)، وهي الصفيحة المعدنية المثقوبة، لتحفز الالكترونات المشحونة بالكهرباء السالبة الى الاندفاع بين أنبوب الكاثود (Cathode) السالب المصنوع من شعيرة معدنية وأنبوب الانود (Anode) الموجب المصنوع من صفيحة معدنية متمما الدارة ومتيحا للتيار المرور. وحينما يتم شحن الانبوب بالكهرباء السالبة فإن الشبيكة ترد الالكترونات فينقطع بذلك التيار.



الترانزيستور التقاطعي |١٩٤٨|
(Junction Transistor)

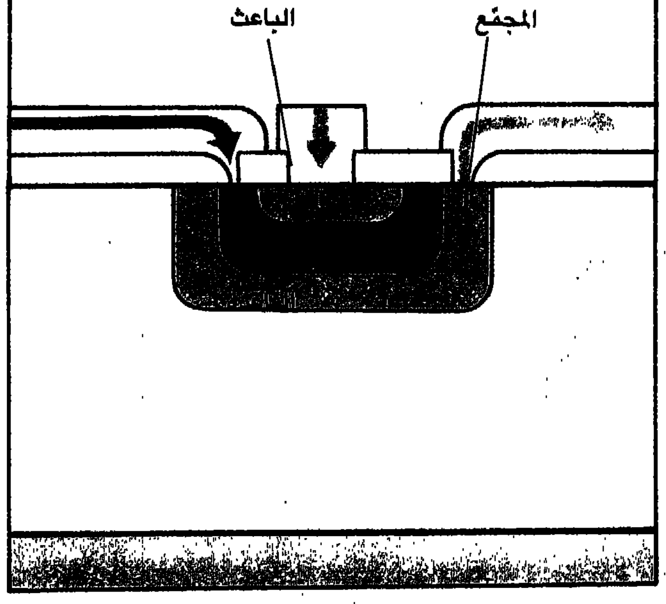
هو بدالة لا يزيد حجمها عن حبة البازيلا مما يعطينا فكرة عن التطور الكبير الذي بلغته صناعة البدالات. يشغل ويطفأ عن طريق تداخل ثلاث طبقات من الجرمانيوم وهو عنصر فلزي نادر تعالج كل طبقة منه معالجة خاصة لتقوم بادائها المختلف. الباعث (Emitter) والمجمع (Collector) يعالجان ليحررا مزيداً من الالكترونات. أما القاعدة (Base) فتعالج كي توفر مزيداً من الثقوب أو حاملات الشحنات الموجبة. فحينما تصل شحنة موجبة (اللون الازرق)



الى القاعدة تدفع بالالكترونات والثقوب إلى التحرّك فتحمل الالكترونات التيار (اللون البرتقالي) من الباعث الى المجمع لتكملة دورة الكهرباء.

الترانزيستور المسطح |١٩٥٩|
(Planar Transistor)

ترانزيستور مماثل للترانزيستور التقاطعي طوله لا يتعدّى جزءاً من مئتين من البوصة. ويبدو في الصورة في مقطع عرضي. أما مبدأ عمله فهو قيام شحنة موجبة مرسلة الى القاعدة بامرار التيار من الباعث الى المجمع. ويلاحظ ان هذا التصميم المسطح يسمح بوضع عشرات الترانزيستورات جنباً إلى جنب مع المقاوم (Resistor) والمكثف (Capacitor) على الوجه نفسه لشريحة السيليكون.





بدأنا في الفصل السابق شرح الدارات الثُّنائيّة ودورها في الكمبيوتر القائم على مُعالجة الفرضيّات المنطقيّة على نحو رقميّ ثُنائيّ؛ كما استعرضنا مُختلف أنواعها وتطوُّرها ابتداءً بالمُرحِّل وانتهاءً بالترانزيستور المُسطّح الذي يُعتَمَد اليوم، وفي هٰذا الفصل نعرض الطَّريقة التي تعمل فيها البدّالة الترانزيستوريّة ناقلة التيّار من قطب إلى آخرَ مُحوِّلة الصِّفر إلى واحد والمُطفأ إلى مُشغَّل في عمليّة محوريّة بالنِّسبة للكمبيوتر.

الفصل الخامس عشر الدارات الثنائية /٢

آباء الترانزيستور

لمن يدين العالم باختراع الترانزيستور؟

هناك ثلاثة علماء تم على ايديهم اختراع الترانزيستور في اوائل الخمسينات وهم (من اليسار الى اليمين في الصورة ادناه) «جون باردين» (John Bardeen) و «وليم شوكلي» (William Shockley) و «والتر براتين» (Walter Brattain) وكانوا يعملون في مختبرات بل الشهيرة وقد نالوا جائزة نوبل للفيزياء عام ١٩٥٦ لاختراعهم هذا. اما الرسم الذي يعلو صورهم فمأخوذ من دفتر مسودة للدكتور براتين وهو تصميم وضعه للترانزيستور عام ١٩٤٧ . على ان شوكلي هو الذي نجح في صنع الترانزيستور عام ١٩٥٠ .

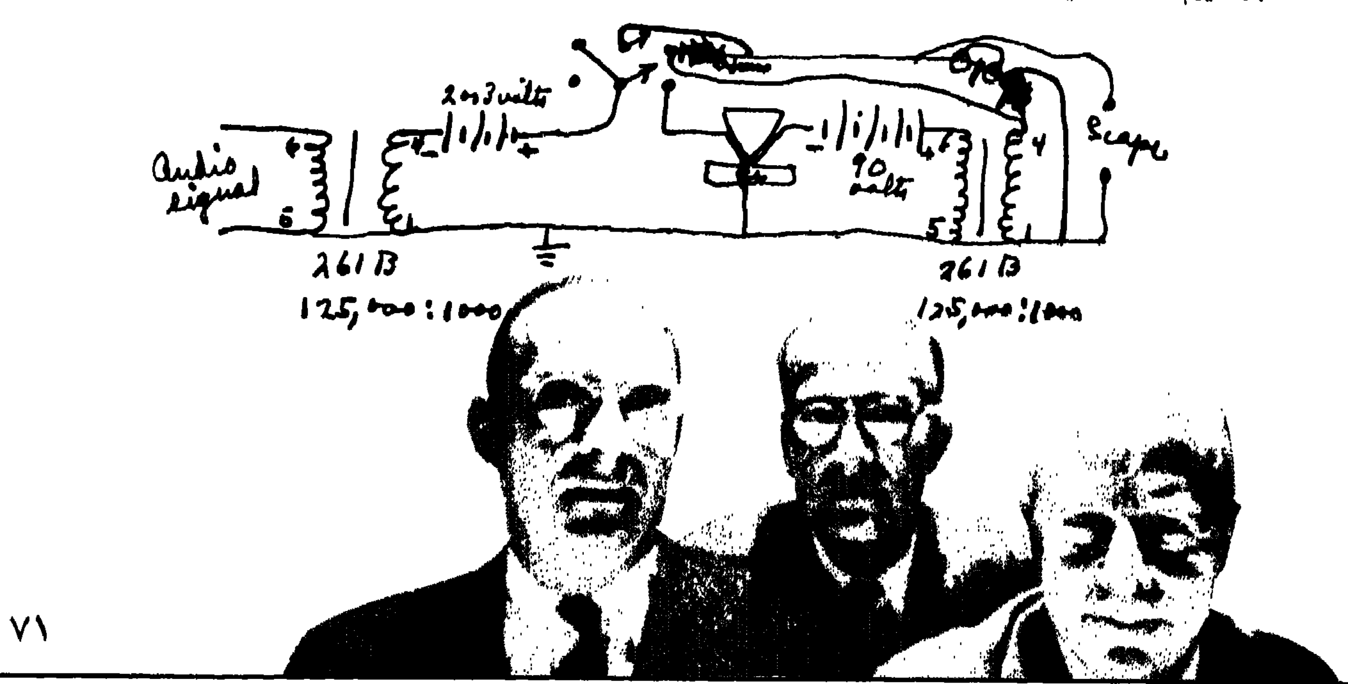
وفي منتصف الخمسينات استطاع عالم يدعى غوردن تيل (Gordon Teal) يعمل في شركة «تكساس انسترومانتس» صنع ترانزيستور تقاطعي مصنوع من السيليكون عوضاً عن الجرمانيوم النادر الثمين.

ورغم ان كمية الجرمانيوم التي يحتويها الترانزيستور لم تكن تتعدى ٨ على عشرة الاف من الاونصة فإن ثمنه كان اغلى من الذهب. فأدى اختراع تيل الى ثورة اقتصادية في صناعة الترانزيستورات.

وفي العام ١٩٥٢ سعى عالم رادار بريطاني يدعى دامر (G.W.A. Dummer) الى جمع الترانزيستور نفسه مع المكثف والمقاوم على شريحة واحدة نصف ناقلة. لكن جهوده باءت بالفشل ولكن حلمه تحقق على يد عالم اميركي، لم يكن على علم بمشروع دامر.

هذا العالم هو جاك سانت كلير كيلبي(Jack St. Clair Kilby) الذي تخرج للتو من جامعته. وقد استطاع كيلبي عام ١٩٥٨ ان يصنع الدارة المدمجة اي دمج الترانزيستور مع المكثف والمقاوم على الشريحة نفسها محدثاً ثورة في الترانزيستورات.

وقد وصف اختراعه بقوله «اني كسول ولم اكن اتحمل رؤية الفنيين منهمكين في وصل جميع هذه الاجزاء الى بعضها البعض كي تعمل.لذلك دمجتها». وليست هذه المرة الاولى التي يدين فيها العالم بالفضل الى كسول.



كيف تعمل البدالة الالكترونية؟

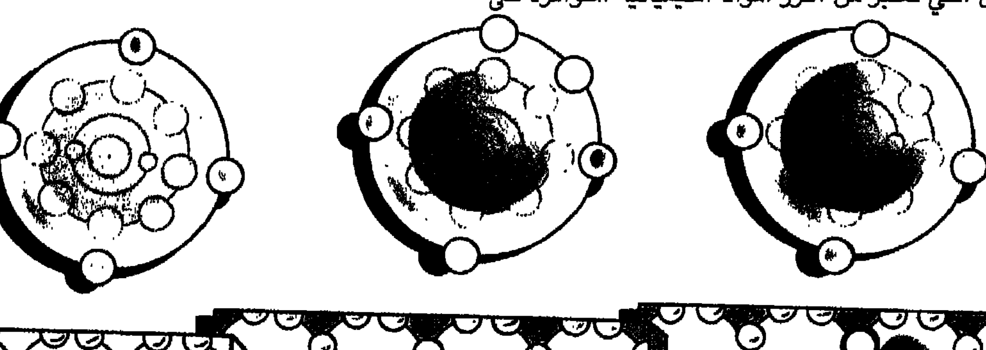
أبسط انواع البدّالات الكمبيوترية الترانزيستور التقاطعي (Junction Transistor) الثنائي الصمامات (Diode). واساسه تقسيم مادة نصف ناقلة الى قسمين مختلفين قسم لنقل التيار وآخر لوقف سريانه. اما انصاف النواقل فهي مواد بلورية تقع درجة مقاومتها للكهرباء في مرحلة وسط بين النواقل الجيدة كالنحاس والالمنيوم والعوازل الكلية للكهرباء كالمطاط والزجاج.

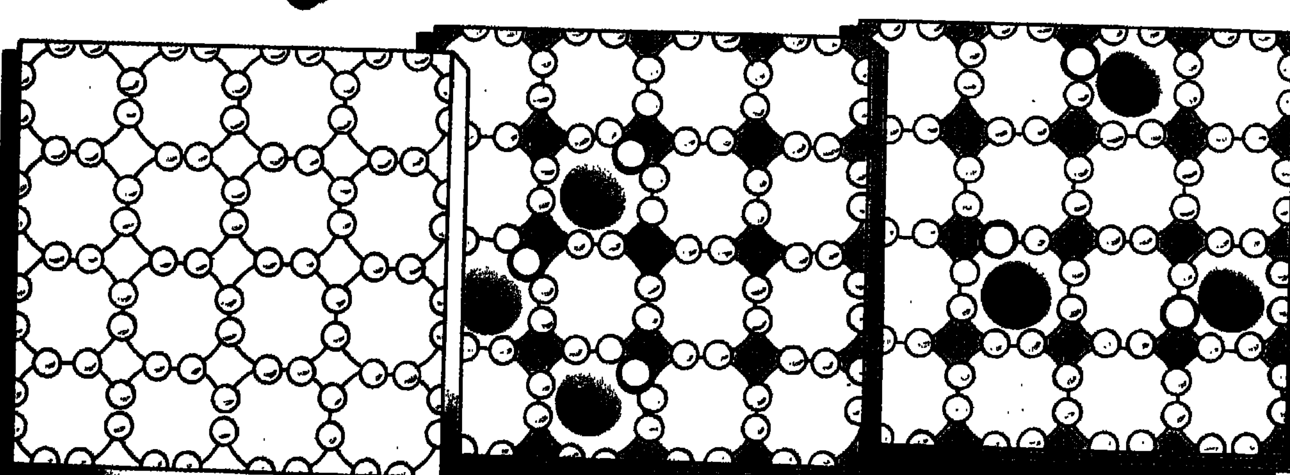
وفي الظروف العادية تتصرف المواد نصف الناقلة مثل المواد العازلة اي انها لا تنقل الكهرباء لان الكتروناتها تكون مرتبطة ومشدودة بشدة حول نواها وبالتالي فهي لا تستطيع الاستجابة للتيار الكهربائي سالبا كان ام موجبا. ولكننا اذا ادخلنا بعض المواد غير النقية الى تركيب هذه المواد، نصف الناقلة، بواسطة عملية يطلق عليها اسم الادمام (Doping) اي معالجة مادة ما بمستحضر) عندها تصبح انصاف النواقل ناقلة ممتازة للكهرباء.

ومنذ اواخر الخمسينات كان تركيز الصناعة على مادة السيليكون التي تعتبر من اغزر المواد الكيميائية المتوافرة على الارض بعد الاكسيجين. وهي، كأنصاف النواقل الاخرى، نقية في حالتها البلورية وغير حرة الالكترونات لنقل التيار. ولكننا حينما نستبدل بعض ذراتها بذرات من الفوسفور ذات الالكترونات الخارجية فان الالكترونات الناقلة تصبح حرة للاستجابة للتيار.

ونظرا الى ان الالكترونات تحمل شحنات سالبة فان السيليكون المُدام بالفوسفور يطلق عليه اسم «نصف ناقل صنف ـ س» (اي سالب). في حين ان ادمام السيليكون بالالمنيوم ذي الالكترونات الخارجية الثلاثة يحدث ثقوبا على السيليكون وهي ليست ثقوبا بالمعنى الحرفي للكلمة وانما مساحات من السيليكون ناقصة الالكترونات تستقر فيها شحنات موجبة تماما مثلما يستقر الهواء في الفقاقيع وسط الماء.

وحينما يتم وصل قطعتي السيليكون بصورة تقابلية (Butting) اي نصل قسما مداما بالالمنيوم «صنف ـ م» (اي موجب) مع مقابله من «صنف ـ س» أي المدام بالفوسفور يتكون عند نقطة الاتصال تقاطع (Junction). ان اتجاه الالكترونات والثقوب عبر هذا التقاطع هو الذي يمرر التيار او يوقفه.





السيليكون «صنف ـ م»

ان وجود ثلاثة الكترونات فقط في القشرة الخارجية لذرة الالمنيوم يؤدي الى ظهور ثقوب في السيليكون المدام بالالمنيوم. ونظرا الى ان الثقوب تحمل شحنات موجبة فانها تتجه عكس موقع الالكترونات.

السيليكون «صنف ـ س»

ان الالكترون الواحد الاضافي الواقع في القشرة الخارجية لذرة الفوسفور يشكل فائضا من الالكترونات في السيليكون المدام بالفوسفور. عندها تصبح الالكترونات ذات الشحنات السالبة حرة كي تنجذب الى التيار الكهربائي اذا كان موجبا او تبتعد عنه اذا كان سالبا.

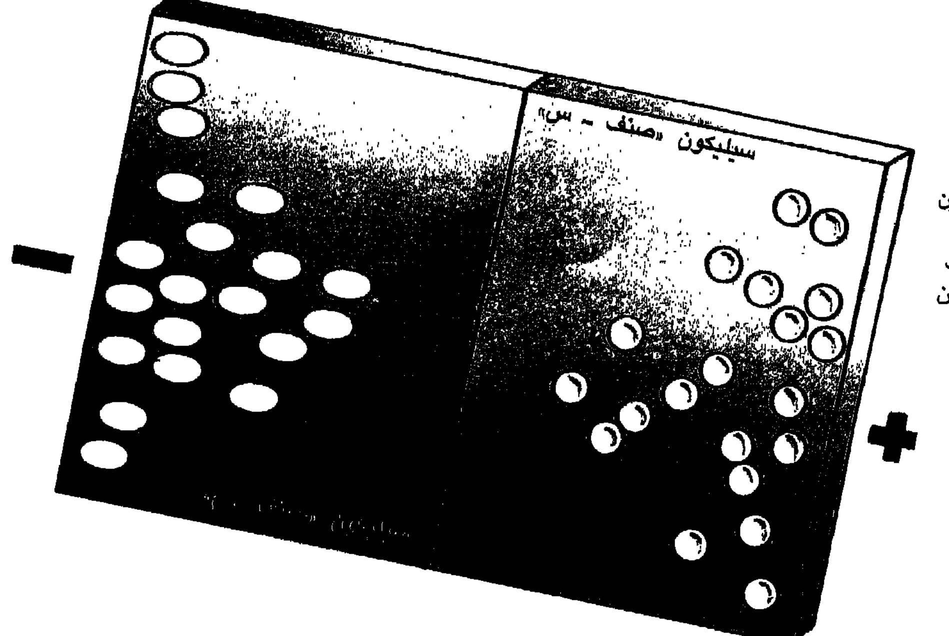
السيليكون النقي

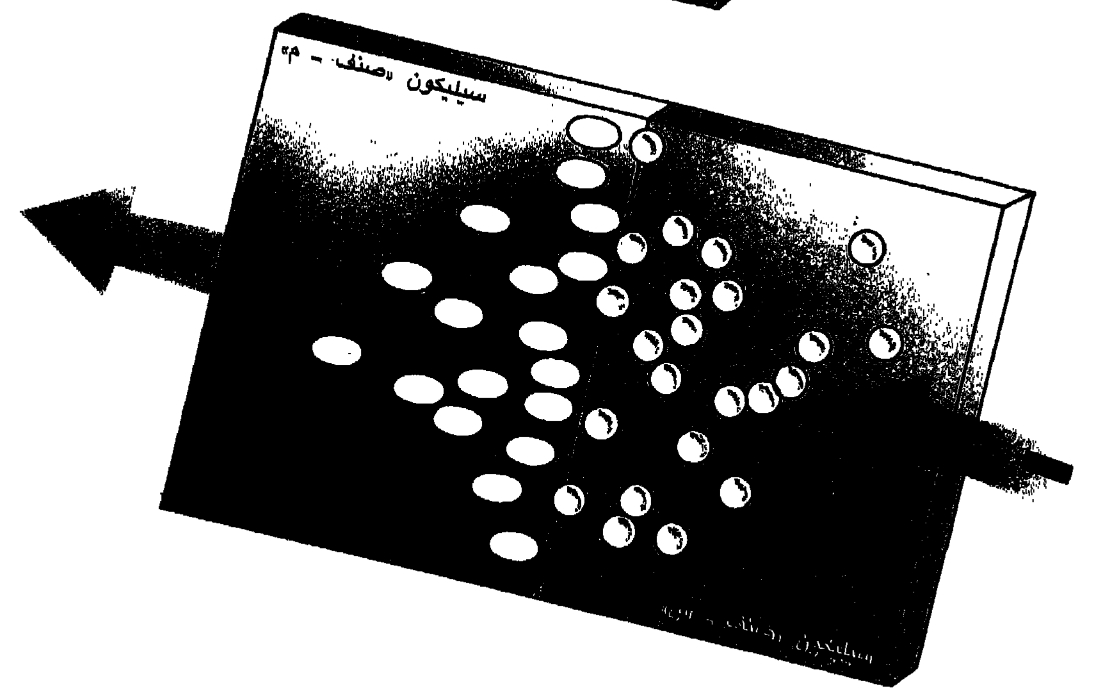
في بلورة سيليكون نقية تشترك الالكترونات الاربعة الواقعة في قشرة كل ذرة مع الذرات المحيطة والمجاورة لها مشكلة بذلك شبيكة متينة لا توجد فيها اية الكترونات حرة قادرة على نقل التيار.

الصمام الثنائي في حالة معطلا (Diode OFF)

· يتألف الصمام الثنائي من قطعة سيليكون مقسمة الى قسمين مدامين احدهما «صنف ـ س» والآخر «صنف ـ م».

يقوم التيار الكهربائي للقطبين المتقابلين المتعاكسين بجذب الالكترونات ذات الشحنات السالبة والثقوب ذات الشحنات الموجبة بعيدا عن تقاطع صنفي السيليكون «صنف ـ س» و «صنف ـ م» داخل الصمام الالكتروني مما يحول دون مرور التيار.





الصمام الثنائي في حالة مشغل (Diode on)

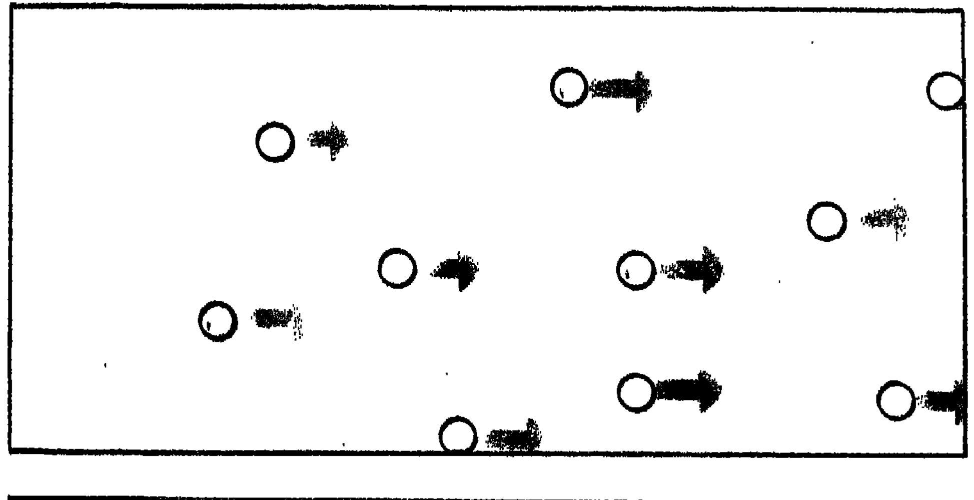
يتحول الصمام الى حالة مشغل حينما يتم عكس التيار الموصول الى كل قطب من قطبي البدالة. فان تيارا سالبا موصلا بسيليكون «صنف ـ س» يصد الالكترونات ويبعثها متدفقة تجاه خط التقاطع حيث تندمج مع الثقوب المصدودة بالتيار الموجب الموصل الى سيليكون «صنف ـ م».

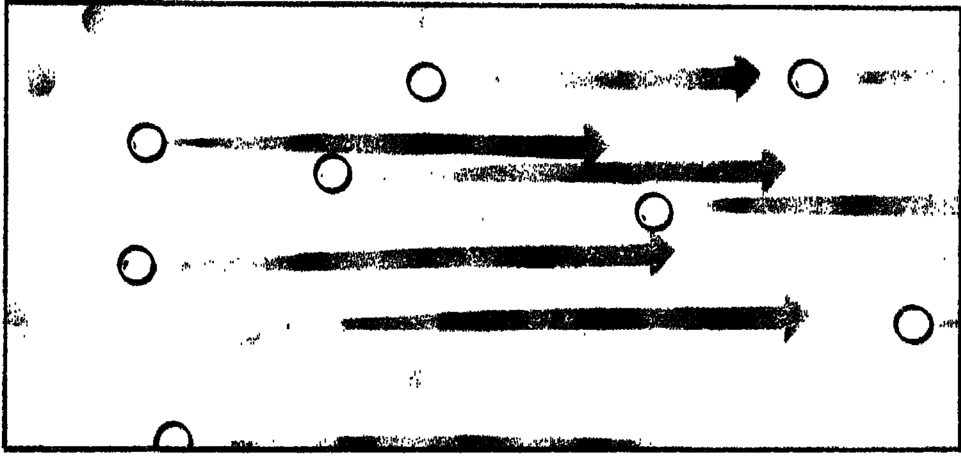
ولما كان النقص في الالكترونات في القطب السالب يخلق فراغا فانه يؤدي الى دخول مزيد من التيار الكهربائي مع ما يحمله من الكترونات، الامر الذي يؤدي الى استمرار تدفق التيار.

نصف ناقل عالي الاداء

كان من نتائج السباق نحو سرعات قصوى في التبديل (Switching) ان العلماء انهمكوا بصنع أنصاف نواقل جديدة عن طريق دمج عناصر كيميائية بطرق غير متوافرة في الطبيعة. من هذه النواقل ما يؤمن التبديل بين حالتي مطفأ ومشغل في فترات لا تتجاوز بضعة أجزاء من تريليون من الثانية. وهي سرعة تفوق سرعة انصاف النواقل المصنوعة من السيليكون.

ومن انصاف النواقل الجديدة التي نحن بصددها وتثير اهتمام الخبراء ارسنايد الغاليوم (Gallium Arsenide) المعروف بـ (GaAs) والذي ينتج عن دمج معدن الغاليوم «المراوغ» بسم الارسنايد. ومن ميزاته انه يستطيع ان يقاوم الحرارة ويستطيع العمل في ظل درجات دنيا من الطاقة الكهربائية مولداً بذلك سرعة فائقة لا تتطلّب الا مقداراً ضئيلاً من التبريد.





تنتقل الالكترونيات ببطء عبر السيليكون (الرسم الاعلى) نسبة لما هو عليه في ارسنايد الغاليوم (الرسم الادنى). وفي كلتي البلورتين تقوم الالكترونيات المشحونة بالكهرباء السالبة والسابحة في بحر من الذرات المشحونة بالكهرباء الموجبة كما لو كانت قطعا من الفلين فوق سطح الماء. وبالنظر الى الفوارق في البيئة دون الذرية (Subatomic) التي تتميّز بها كل من المادتين فان الكترونيات ارسنايد الغاليوم اخف وزنا وبالتالي تتمتّع بسهولة الحركة مما يجعل الالكترونات تتسارع في حركتها في وسط من ارسنايد الغاليوم وتصل الى سرعات عليا عندما تستجيب الى فولط كهربائي يمرّر فيها.



مَا هـو؟	كيفَ يعمَل؟	البيَانات	المعَالِج	البرَامج
اللغـة	المنطـق	الـدارات	التـأهيل	الطرفيات

في الفصلين السابقين بدأنا شرح الدارات الثُّنائيّة وطريقة عمل البدّالة الترانزيستوريّة ناقلةً التيّار مُحَوِّلةً الصِّفر إلى واحد، والمطفأ إلى مُشغَّل. وفي هٰذا الفصل نَعرض لجهود العلماء في صُنْع ترانزيستورات فائقة السُّرعة، والمَشاكل التي تَعترض ذٰلك والنَّوعين الرَّئيسين المُعتَمَدين في الكمبيوترات السَّريعة.

الفصل السادس عشر الدارات الثنائية/٣

السرعة ومشكلاتها

من بين جميع الطرق المكنة لزيادة سرعة الكمبيوترات ما من عنصر يشكل وعداً قريب المنال مثل التبديل (Switching) الذي يتم داخل الكمبيوتر وبموجبه يزداد معدل الانتقال من حالة الى أخرى، من الصفر الى الواحد، ومن السالب الى الموجب ومن المطفأ الى المشغّل.

ولقد حققت الكمبيوترات ذات قدرات المعالجة المتفوّقة تقدّماً كبيراً في هذا المجال. فالبدالات الموجودة فيها تستطيع أن تعمل في أقل من جزء من بليون من الثانية، متيحة بذلك للكمبيوتر ان يقوم ببلايين العمليات في لحظة لا تتعدّى الوقت الذي يستغرقه ضوء المصباح للانارة بعد ضغط الزر.

ولكن ذلك ليس بكاف بالنسبة للكثير من مهندسي الكمبيوترات لانهم يعتبرون هذا الانجاز دون تطلعاتهم إلى ما ينبغي أن تكون عليه سرعة الكمبيوترات. ومن أجل التوصل الى سرعة قصوى ابتكروا عدداً من البدالات والتي ما يزال الكثير منها ضمن نطاق الخيال.

والواقع ان التوصل الى ترانزيستورات فائقة السرعة ليس بالامر اليسير. فالبدالات تعمل بطريقة التفاعل المتسلسل أي ان خارج بدالة واحدة يشكل داخل بدالة ثانية. ولذلك تعتمد السرعة على الوقت الذي تستغرقه الومضة للانتقال من بدالة الى اخرى. فإذا كان التصميم يقضي بأن تشغل بدالة ما بدالة أخرى خلال جزء من الثانية فإنه لا ينبغي أن تكون البدالتان متباعدتين عن بعضهما البعض أكثر من حوالى ست بوصات.

على ان التجاور بين البدالات ليس كل ما يلزم لضمان سرعة الكمبيوترات إذ ينبغي على البدالات نفسها أن تكون صغيرة الحجم بما فيه الكفاية لكي تتسع ملايين منها على شريحة كمبيوترية واحدة. وهذا الامر يثير مشكلة الازدحام وارتفاع الحرارة وبالتالي ضرورات التبريد خوفاً من ان تذيب الحرارة البدالات.

لذلك فإن السعي لتوفير بدالات اكثر سرعة وأصغر حجماً وأكثر برودة قد دفع بالمصممين الى البحث عن تقنيات ومواد جديدة. بعض ما يفكرون فيه قد يجعل شريحة السيليكون التي نعتبرها اليوم من أبرز آيات الاعجاز من مخلّفات الماضي.

فأرسنايد الغاليوم (Gallium Arsenide) توفر سرعات فائقة، ولكنها تحتاج، بصورة مستمرة، الى مغاطس باردة من الهليوم السائل حتى تحتفظ بقدراتها السريعة. ولن يكون اليوم الذي تستبدل فيه الدارات الالكترونية بالبدالات البصرية بعيداً، حيث تتولى إشعاعات ضوئية وظيفة البدالة المعروفة والمعتمدة اليوم.



الترانزيستورات الفائقة السرعة

سواء أكانت الكمبيوترات كبيرة أم حاسبات جيب صغيرة فإن ما يميزها هو سرعتها. وفي هذا المجال فهي مدينة الى الترانزيستورات، أي البدالات المصنوعة من السيليكون، والتي تعمل وفق مبدأ تضخيم الاشارات الضعيفة وجعلها بالتالي قادرة على ضبط اشارات اكبر منها.

وبصورة عامة فإن الترانزيستورات صنفان: ترانزيستورات ثنائية القطب (Bipolar) وترانزيستورات احادية القطب (Unipolar) معروفة بإسم «موسفيت» (MOSFET) أي ترانزيستور اكسيد الحديد نصف الناقل ذو الحقل الكهرباتي (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor).

في النوع الاول الثنائي القطب يتم نقل التيار بواسطة جسيمات متعددة في كلي القطبين، أي بواسطة الالكترونات والثقوب. وبعضها يعمل بسرعة فائقة هي في حدود جزء من



١ الترانزيستور الثنائي الاقطاب في وضعية مشغل

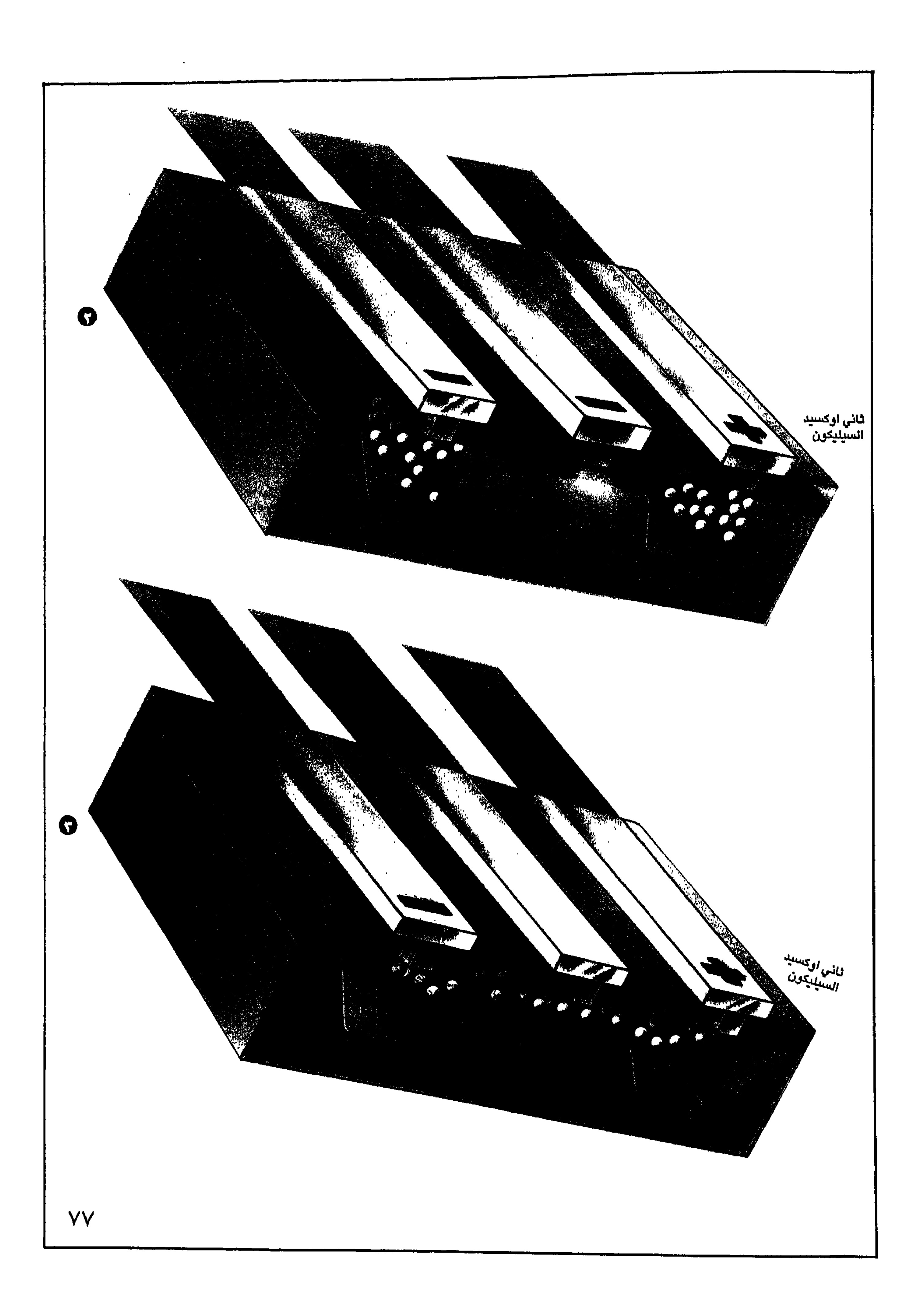
يكشف هذا المقطع العرضي الطريقة التي يعمل فيها الترانزيستور الثنائي الاقطاب في شريحة السيليكون. فعندما نمررتيارا كهربائيا خفيفا في القاعدة (بالاحمر) تتولد تيارات متحركة من ثقوب والكترونات بين القاعدة والباعث. كذلك فإن التيار الكهربائي الموجب الضئيل يسمح للمجموعة الرئيسة من الالكترونات بالعبور نحو المجمّع وباتجاه القطب الموجب ذي التيار الكهربائي الشديد. وتقوم طبقة من ثاني اوكسيد السيليكون بحماية نقاط تقاطع الترانزيستور من التلوث. وتقوم الموصلات المعدنية بمهمة نقل التيار من والى بدالات اخرى في الدارة. (انظر المخطط التوضيحي على الصفحة ٣٤).

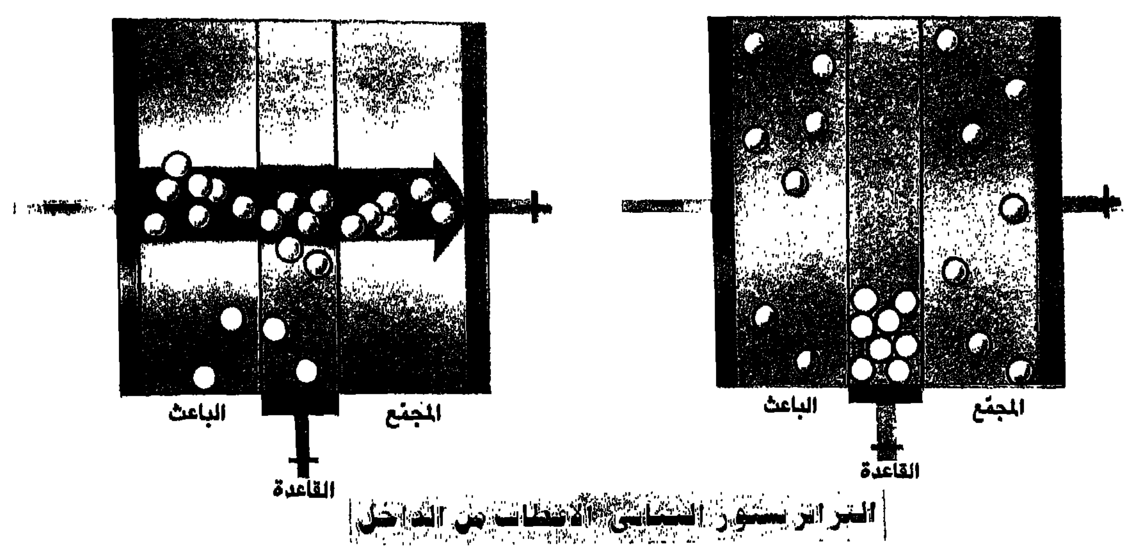
٢ ترانزيستور الموسفيت في حال مطفأ

في الترانزيستور الاحادي القطب المعروف بالموسفيت ثلاث مناطق تقوم مقام الباعث والقاعدة والمجمّع والموجودين في الترانزيستور الثنائي الاقطاب. هذه المناطق هي زوج من الآبار الاول يعرف بالينبوع والثاني بالمصب، وهما متصلان بعضهما ببعض بواسطة قناة ضحلة تشبه بوابات تحكم المياه في اقنية الري تقوم مقام القاعدة. وتتولى الموصلات المعدنية تامين الاتصال بين الينبوع والمصب في حين ان طبقة رقيقة من ثاني اوكسيد السيليكون تفصل بين بوابة الالكترود والقناة. وحينما نمرر تياراً كهربائياً سالباً خفيفاً عند بوابة الإلكترود وسط الشريحة ينشا حقل كهربائي يطرد الالكترونات مانعاً التيار من المرور عبر القناة المكونة من سيليكون «صنف ـ س» مبقياً الجهاز في حالة إطفاء.

٣ ترانزيستور الموسفيت في حال مشغّل

لتحويل ترانزيستور الموسفيت الى وضعية مشغّل يكفي ايقاف التيار السالب في بوابة الالكترود مما يعيد جهد التيار الى الصفر وحينما يتم وقف الكهرباء يختفي الحقل الكهربائي مما يحرر الالكترونات متيحاً لها مجال الانتقال والعبور من الينبوع الى المصب.


ثاني اوكسيد
السيليكون
ثاني اوكسيد
السيليكون

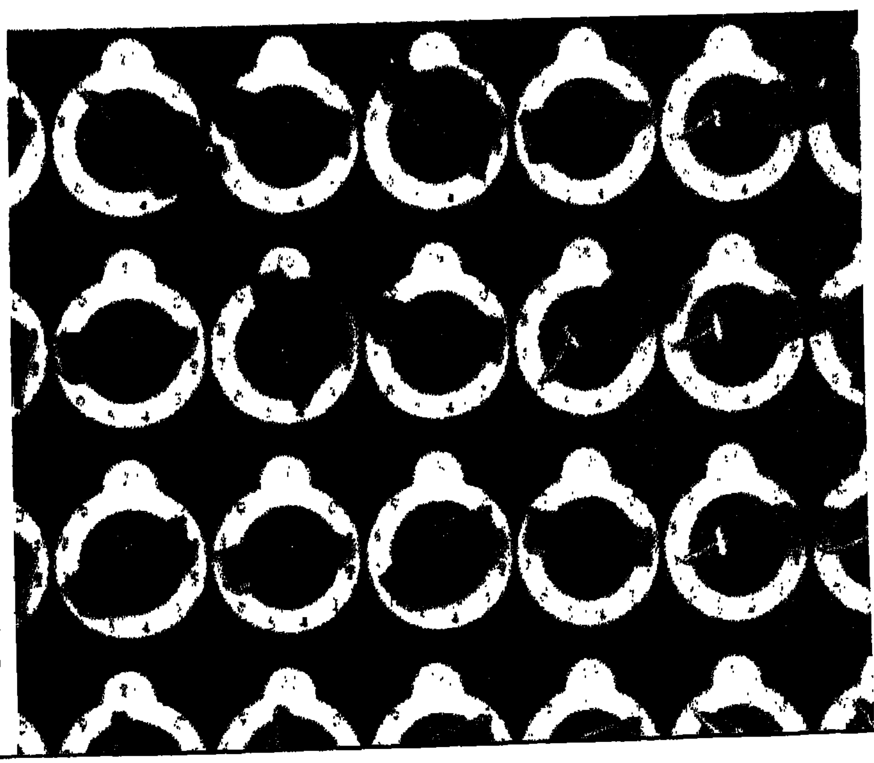


الترانزستور الثنائي الاقطاب من الداخل

في الترانزيستور الثنائي الاقطاب يتولى حاجز ضيق من السيليكون «صنف ـ م » يدعى القاعدة (اللون الاحمر) التحكم بمجرى التيار بين الباعث وهو سيليكون «صنف ـ س» والمجمع (الازرق). ان تياراً كهربائياً قوياً على المجمّع يجذب الالكترونات المشحونة بالكهرباء السالبة والموجودة في الباعث، في حين ان تياراً كهربائياً خفيفاً سالباً عند القاعدة يوقف مجرى التيار (الى اليمين) اما إذا مررنا تياراً كهربائياً موجباً في القاعدة فإننا نسمح بذلك للالكترونات بالسريان الى المجمّع (الى اليسار) . وحينما تتدفق الالكترونات عبر القاعدة فإن شدة الشحنة الموجبة في المجمّع لا تسمح بانجراف الا عدد محدود منها نحو الكترود القاعدة.

واحد من البليون من الثانية. ولكن لسرعتها ثمناً مكلفاً وهو استهلاكها لكميات كبرى من الطاقة وبالتالي وقوعها في مشكلة الحرارة. مما يعني انه لا يمكن وضع أكثر من بضعة ألوف من الترانزيستورات الثنائية القطب على شريحة سيليكون واحدة.

النوع الثاني من الترانزيستورات، الموسفيت، يعمل، كما يوحي إسمه بتأثير الحقل الكهربائي. إن التيار في هذه الترانزيستورات، الاحادية القطب، ينتقل اما عن طريق الالكترونات أو الثقوب وليس من كليهما معاً. والشيء الذي تنفرد به هذه الترانزيستورات هو وجود مركز تماس معدني يضبط تيار الترانزيستور بواسطة حقل كهربائي يولده. موقع هذا المركز هو بوابة الالكترود (القطب الكهربائي). ونظراً إلى ان هذه الترانزيستورات تتطلب عدداً أقل من الطبقات مما تتطلبه الترانزيستورات الثنائية الاقطاب، فهي اسهل صنعاً وفي الوقت نفسه أقل استهلاكاً للكهرباء، ويمكن حشرها بكميات تصل إلى مليون ترانزيستور على شريحة سيليكون واحدة. وهنا ايضاً فإنه توجد مقابل هذه السهولة في مجال الانتاج مشكلة تكمن في كون نقل ترانزيستور الموسفيت من حالة الى أخرى أي من مشغّل الى مطفأ، يتطلب نقل شحنة إلى داخل وخارج البوابة الالكترونية، وهي عملية بطيئة نسبياً إذا ما قيست بسرعة إداء الترانزيستورات الثنائية الاقطاب.



هكذا كانت تبدو بدالات كمبيوتر «مارك ـ ١» وكان اول كمبيوتر يجري التحكم به بواسطة البرامج وقد بلغ عددها ٤٢٠ بدالة تدار باليد لتحديد القيم اللازمة لاجراء الحسابات بحسب النظام العشري. وقد احتل هذا الكمبيوتر مساحات امتدت طوليا ٥١ قدما.



مـا هــو؟	كيفَ يعمَل؟	البيَـانات	المعَـالـج	الـبَرامـج
اللغـــة	المنطـق	الـدارات	التـأهيـل	الطرفيات

بدأنا منذ أربعة فصول شرح الدارات الثُّنائيّة وكيفَ تطوَّرت من بدّالات بسيطة إلى ترانزيستورات مُعقَّدة. كما عرَّجنا على طريقة عمل التَّرانزيستورات والطَّريقة التي يأمل بها المُهندِسون الإلكترونيّون صنع ترانزيستورات تُحقِّق طموحات الإنسان نحو سرعات فائقة، وفي هٰذا الفصل نَشرح الطَّريقة المرحليّة والمُعقَّدة التي يُصنَع بها الترانزيستور.

الفصل السابع عشر الدارات الثنائية/٤

كيف يصنع الترانزيستور؟

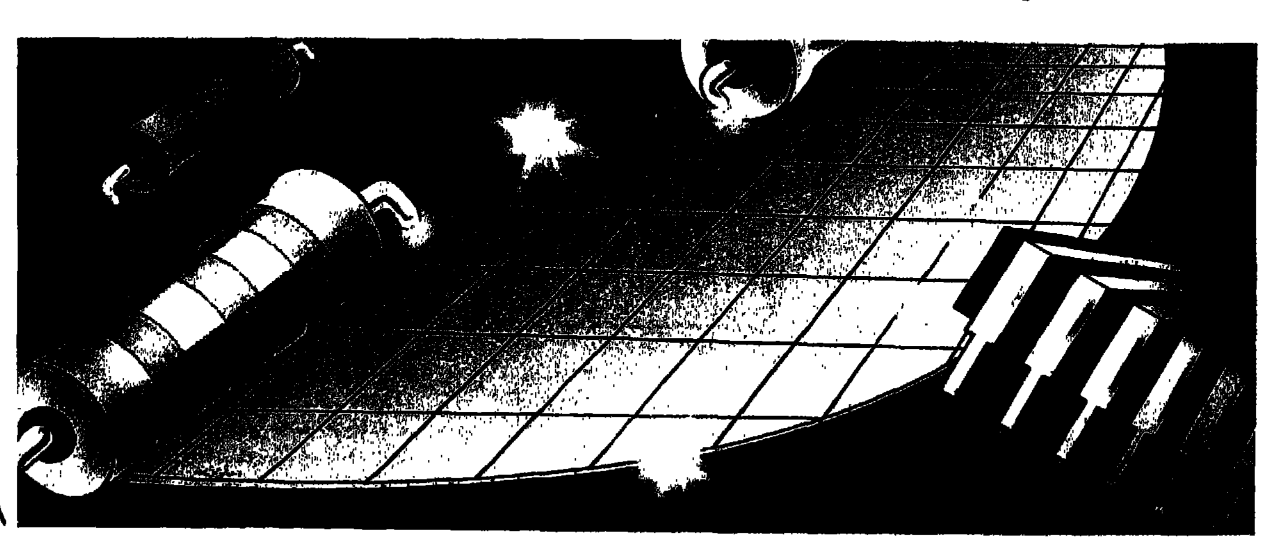
تبسط الرسوم المرفقة بهذا الفصل الطريقة المرحلية البالغة التعقيد التي تصنع فيها الترانزيستورات. فصنع الترانزيستور يستغرق عادة حوالى شهرين. ومن حسن الحظ فان مئات منه تصنع في وقت واحد وذلك على رقاقة (Wafer) اي سبيكة واحدة من السيليكون.

تمثل الرسوم المتتالية ترانزيستوراً واحداً يحتل مساحة دقيقة جداً على شريحة تتضمن المئات منه كما يلاحظ في القرص المستدير الكبير (الذي يظهر قسم منه فقط في أعلى الصفحة التالية) والذي يرمز إلى الرقاقة. وكل ترانزيستور في الرسوم مكبر حوالى الفي وخمسمائة مرة. تعرف عملية صنع الترانزيستور بالليثوغرافيا الضوئية (Photolithography)! والليثوغرافيا من حيث الاساس هي الطباعة التي تستعمل صفائح من الزنك والالمنيوم المعدة كيميائياً لطبع الرسوم عليها.

تؤخذ شظية صغيرة من السيليكون لا تزيد سماكتها عن ٤ على الف من البوصة بعد ان تغمس في بعض المواد غير النقية كالبورون الذي من شأنه ان يحدث فراغات قليلة الالكترونات بحيث يشكل الجزء الذي تتكون منه هذه الفراغات منطقة تحمل شحنة كهربائية موجبة «صنف ـ م». ولطريقة معالجة السيليكون بالشوائب نحيل القارىء الى الفصل السادس ونكتفي هنا بشرح مراحل صنع الترانزيستور على شريحة السيليكون المعالج قبلا بالشوائب.

تؤخذ اذاً، شريحة سيليكون «صنف ـ م» لتكون القوام الاساسي (Substrate) الذي يبنى عليه الترانزيستور وتضاف اليها ٤ طبقات رقيقة في اربع مراحل. في كل مرحلة تطلى المادة بغشاء رقيق من مستحلب (Emulsion) حساس للضوء ثم تعرض لانماط شكلية من الضوء ما فوق البنفسجي من خلال عملية تقنيع (Masking) يلي ذلك الحفر (Etching) والادمام (Doping) والتلبيس (Coating) واخيرا الترسيب (Deposition). مما يضفي ٤ طبقات عل القوام الاساسي كل واحدة منها لا تزيد كثافتها عن واحد بالمئة من سماكة الشريحة.

وعند اكمال هذه العمليات يصبح لدينا ترانزيستور من نوع ان ـ موس Negative-Channel Metal Oxide Semiconductor (n-Mos) اي اكسيد معدني نصف ناقل ذو قناة سالبة. ونظرا الى ان هذا الترانزيستور أقل استهلاكا للكهرباء وبالتالي اقل توليدا للحرارة من النوع الآخر الموجب فانه يستخدم في الشرائح التي تتطلب وضع آلاف الترانزيستورات جنبا الى جنب على شريحة واحدة.




المرحلة الاولى
١
- توضع الشريحة في فرن غازي شديد الحرارة. فيكتسب القوام المدام ايجابا طبقة عازلة من ثاني اكسيد السيليكون (اللون الاصفر).
٢
- يضاف مستحلب خاص عازل للضوء فتتشكل فوق الشريحة طبقة مقاومة للضوء (اللون الازرق) لا تمتص الا الضوء ما فوق البنفسجي وبذلك يتم اعداد السطح للمعالجة بالتقنيع الضوئي (Photomasking).
٣
- يسلط الضوء عبر قناع غير شفاف الا من امكنة معينة تسمح بتسرب الاشعة ما فوق البنفسجية منها، مرسومة بالشكل المراد ان يتم حرق سطح الشريحة به، فيقسى المستحلب تحت القسم الشفاف نتيجة تعرضه للضوء في حين يظل القسم الاخر طريّ اللمس.
٤
- يغسل سطح الشريحة بمحلول يزيل الاقسام الطرية من المستحلب مبقيا على الاقسام الصلبة. فيتكشف من جديد ثاني اكسيد السيليكون الا من جزء مرتفع من المستحلب الصلب.
٥
- تحفر القشرة الخارجية لطبقة ثاني اكسيد السيليكون بالغازات الحارة ويُبقى على طبقة بالغة الرقة لتكون بمثابة العازل.
٦
- تزال بقايا المستحلب الصلب والتي تشكل مرتفعا على سطح الشريحة بواسطة الغسل الكيميائي مما يبقي على وجه غير مسطح ولكنه مصنوع من ثاني اكسيد السيليكون.
المرحلة الثانية
٧
- ترسب طبقة من البوليسيليكون (اللون البرتقالي) وهي مادة سيليكونية مصنعة لتقوم بمهمة البوابة التي تبث اشارة الشحنة الوافدة.
٨
- يضاف غشاء رقيق من المستحلب المقاوم للضوء فوق طبقة البوليسيليكون معدا السطح مرة اخرى لثاني عملية تقنيع ضوئية.
٩
- يؤتى بقناع يتخذ فيه القسم الشفاف شكلا زاويا ويؤدي الضوء المتسرب من خلاله الى قساوة جزء موازٍ له من طبقة المستحلب وبقاء القسم الآخر طري الملمس.
١٠
- تغسل الاجزاء الطرية فيبقى على السطح شكل زاوي.
١١
- يزال البوليسيليكون الزائد بواسطة الحفر مبقيا على غشاء رقيق من ثاني اكسيد السيليكون كاشفا الاساس السيليكوني للشريحة (اللون الابيض).
١٢
- يزال ما بقي من المستحلب فيتكون لدينا سطح هو بمثابة بوابة من البوليسيليكون يعبر من خلالها التيار. هذه البوابة تتوسط جوفين هما بمثابة بئرين من السيليكون.
١٣
- يرسب الفوسفور في البئرين بواسطة الادمام فتصبح لدينا منطقتان سالبتان (اللون الاخضر) وسط منطقة موجبة هي السيليكون.



المرحلة الثالثة

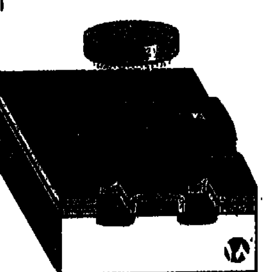
ـ تضاف طبقة جديدة من ثاني اكسيد السيليكون لعزل البنية الاساسية للترانزيستور عن العنصر المعدني والذي سيضاف بالترسيب.



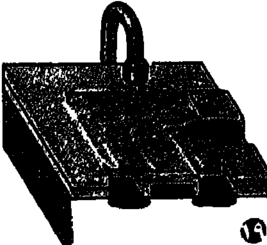
ـ يتولى قناع من المستحلب المقاوم رسم الاطار لصنع المحاور (Shaft) والتي تصبح نقاط اتصال معدنية لكل من البوليسيليكون والبئرين مما يشكل قطبي الترانزيستور.

ـ يتولى الضوء تقسية المستحلب في جميع انحاء السطح باستثناء ثلاث مناطق صغيرة (باللون الاسود) هي مواقع المحاور

ـ يتم غسل المستحلب الطري فتتكون ثلاث بقع من ثاني اكسيد السيليكون (باللون الاصفر) هم المراكز التي ستقام فيها المحاور.



ـ يتولى الاسيد ازالة البقع كاشفا عن مواقع المحاور المكونة من مساحات من السيليكون (اللون الاخضر) وعن بوابة من البوليسيليكون (اللون البرتقالي) وكلاهما «صنف ـ س».



ـ يغسل ما تبقى من المستحلب فيتكون بئران احدهما الينبوع والآخر المصب (اللون الاخضر).

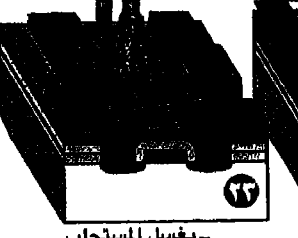
المرحلة الرابعة

ـ ينشر الالمنيوم (اللون الرمادي) بصورة مساوية على سطح الترانزيستور وفي المحاور ليوفر نقطة التماس الكهربائي.

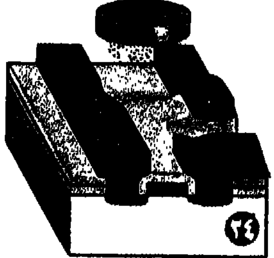
ـ يعد المستحلب المقاوم لعملية التقنيع الرابعة والاخيرة من اجل اعداد السطح للترسيب المعدني.



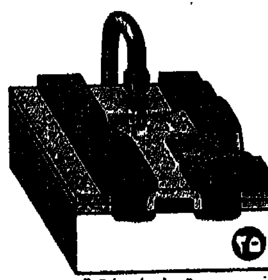
ـ يقسي الضوء المستحلب الممدود فوق الالمنيوم الذي سيتولى نقل الكهرباء من والى الترانزيستور.



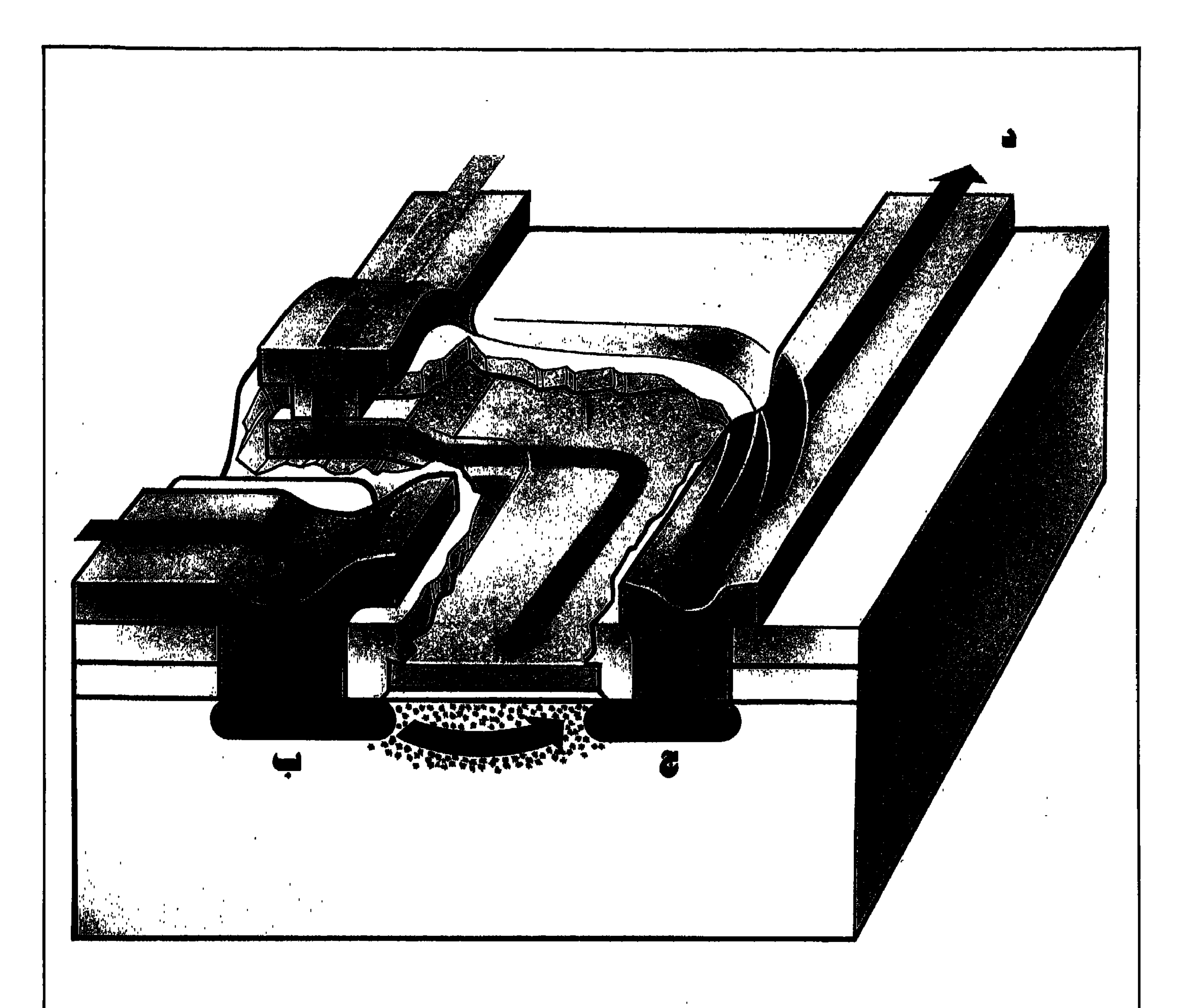
ـ يغسل المستحلب الطري معريا المناطق التي ترسب فيها المعدن في غير الاماكن المطلوبة.



ـ تزال الزوائد المعدنية بواسطة الحفر مما يبقي على المعدن في الاماكن اللازمة اي عند نقطتي التماس ونقاط التوصيل مع الاسلاك التي تربط الترانزيستور بغيره.



ـ يتم غسل ما تبقى من المستحلب. عندها يصبح الترانزيستور جاهزا للاستعمال.



... واخيرا كيف يعمل؟

يبين هذا المقطع العرضي الطريقة التي سيقوم فيها الترانزيستور بدور البدالة. فحينما نمتنع عن وصل الكهرباء الى بوابة البوليسيليكون (ا) لا يمرر اي تيار من الينبوع «صنف ـ س» (ب) الى المصب «صنف ـ س» (ج). ولكننا اذا مررنا شحنة موجبة (السهم الاحمر) على البوابة فانها تؤثر في الطبقة العازلة الرقيقة المصنوعة من ثاني اكسيد السيليكون (الاصفر) وتجعل منها قناة موقتة «صنف ـ س» الامر الذي يشغل الترانزيستور. عندها يمكن للتيار (السهم الازرق) ان يتدفق من الينبوع الى المصب والى ان يخرج عبر الموصل المصنوع من الالمنيوم (د) الى امكنة اخرى في الدارة.



مَا هــو؟	كيفَ يعمَل؟	البيَانات	المعَالج	البَرامج
اللغــة	المنطــق	الـدارات	التـأهيل	الطرفيات

طوال عشرة فصول سابقة عرضنا لغة الكمبيوتر الرَّقميّة الثُّنائيّة باعتبارها اللُّغة التي يَفهمها الكمبيوتر. كما عرضنا خصائص اللُّغة الإلكترونيّة التي يُترجِم بواسطتها الكمبيوتر التَّعليمات الثُّنائيّة إلى إشارات إلكترونيّة تَسمح له بأداء مَهامّه. ثمّ عرضنا المنطق الكمبيوتريّ الذي يُمكِّن الكمبيوتر من القيام بالفرضيّات المنطقيّة وكذلك الدّارات الثُّنائيّة، كالترانزيستورات، والطَّريقة التي تستقبل فيها الإشارات الكهربائيّة المنفصلة والمتقطّعة التي تُمثّل اللُّغة الثُّنائيّة. في هٰذا الفصل نَعرض جانبًا آخَر من النَّشاط الكمبيوتريّ وهو الكيفيّة التي يقبل فيها الكمبيوتر بيانات غير رقميّة.

الفصل الثامن عشر من القياسي الى الرقمي

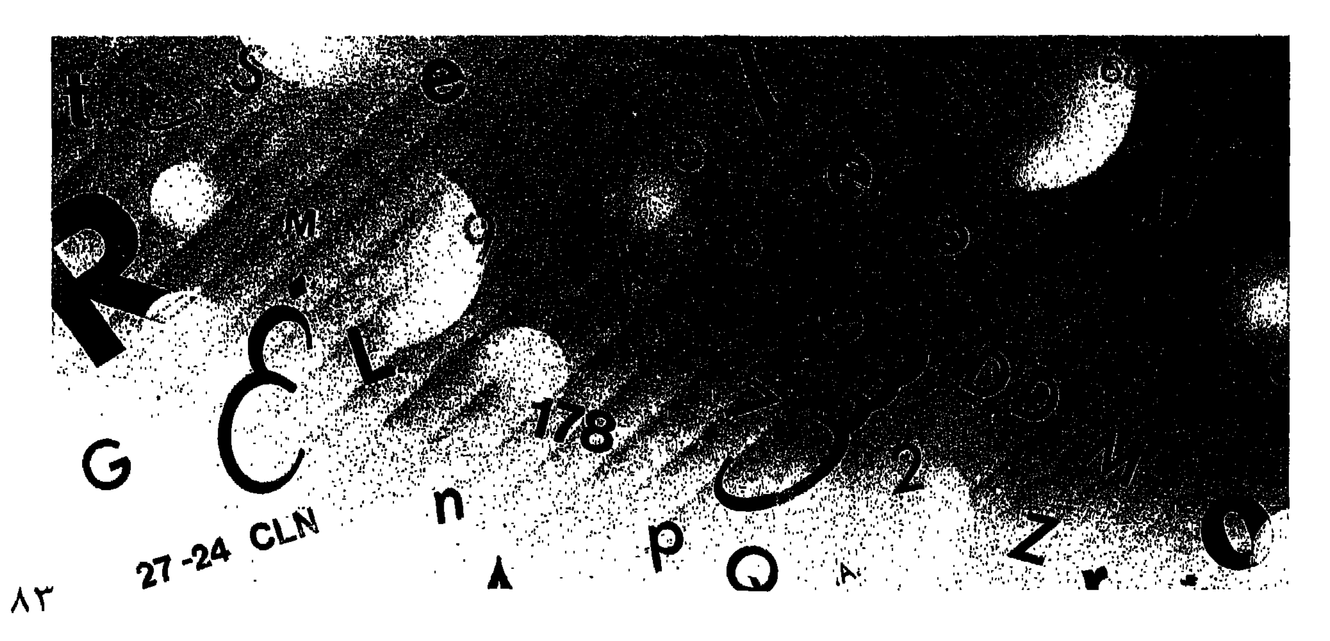
هناك عدد لا يحصى من مصادر المعلومات الاساسية كالضوء، والصوت، والحرارة، والضغط وغير ذلك من ظواهر الطبيعة التي نحتاج الى دراستها والتي تمتاز بكونها غير محدّدة ولا يمكن التعبير عنها بقيم ثابتة. ولما كان الكمبيوتر لا يتعامل الا بالقيم الثابتة كالصفر والواحد، والخطأ والصح ولا توجد عنده انصاف وضعيات، فإنه لا يستطيع استقبال البيانات غير الرقمية ليقوم بأعمال المعالجة والتحليل التي قد نطلبها منه.

ومع ذلك فإننا نعلم ان الكمبيوتر يتنبأ بالأحوال الجوية ويقيس سرعة الضوء المنبعث في ساعات معينة من النهار ليقوم بمهام معينة قد نطلبها منه، كفتح النوافذ أو تضييق فتحاتها

وما شابه. فكيف يمكنه القيام بذلك؟ والأصح كيف يستطيع قراءة هذه الظواهر ومعالجتها؟

ان ما تتصف به هذه الظواهر هو استمراريتها وتواصلها وتفاوت درجاتها صعوداً وهبوطاً بين حدّيْها الادنى والأعلى دون قيد. لذلك لا بد من تحويل هذه الأمواج المستمرة الى بيانات متقطّعة ومن ثم تحويل هذه البيانات الى قيم رقمية ثنائية تؤهلها للمنطق الكمبيوتري الدقيق.

ومن أجل ذلك ابتكرت اجهزة ادخال استشعارية (Sensory) تتولى تحويل البيانات الى اشارات كهربائية متفاوتة الشدة (الفولطية). فجهاز الاستشعار الحراري مثلاً يسجل فولطاً مرتفعاً عندما ترتفع الحرارة وفولطاً منخفضاً عندما تنخفض الحرارة. وكذلك الأمر بالنسبة لخلية الاستشعار البصرية الحساسة للضوء. فهي تستجيب للتغيير الحاصل في الضوء صعوداً وهبوطاً.



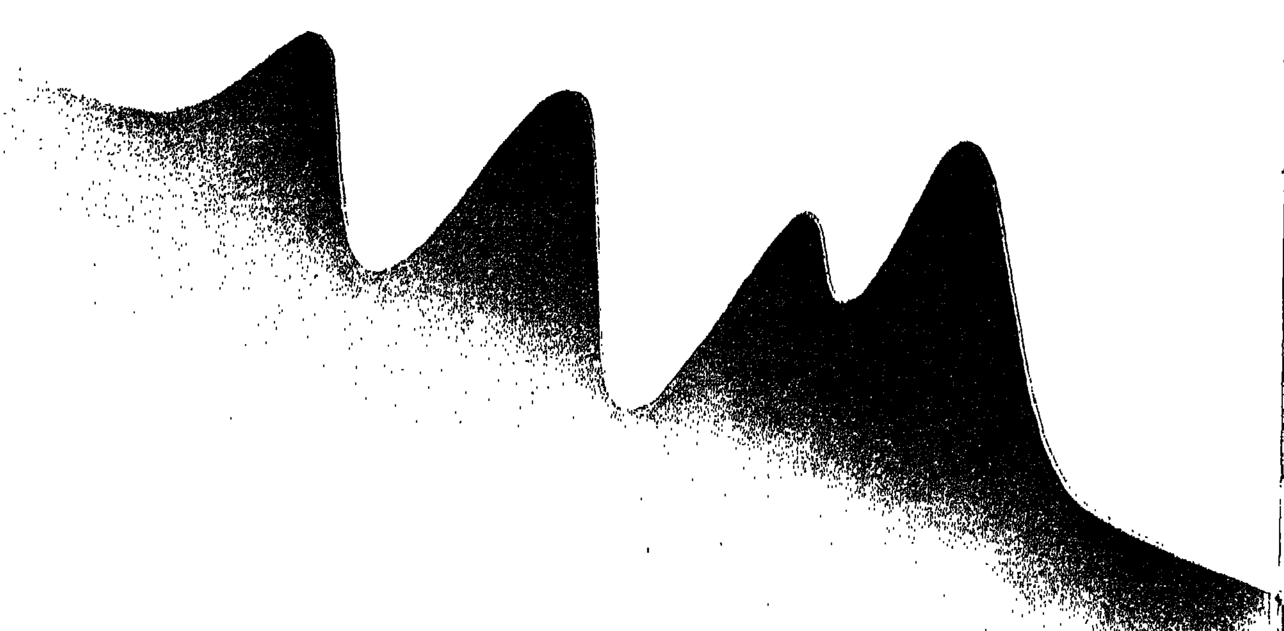
وتُعرف هذه الإشارات بالإشارات القياسية لانها شبيهة ومماثلة للواقع. والقياسات الفولطية التي تعطى لها ليست سوى قياس درجة ذبذبة الإرتفاع والإنخفاض الذي يطرأ عليها.

وتحويل الظواهر الى اشارات قياسية هو المرحلة الاولى. ويعقب ذلك تحويل هذه الاشارات الى بيانات رقمية. ومع انه توجد كمبيوترات قياسية تستطيع قبول هذا النوع من البيانات، إلّا ان الكمبيوترات الأكثر شيوعاً هي الكمبيوترات الرقمية، ولا بد بالتالي من إيجاد طريقة لجعلها تتعامل مع الظواهر القياسية.

يتولى ذلك محول قياسي رقمي (A-D converter). ومهمته تحويل الفولطات المتفاوتة للاشارات الى سلسلة من الذبذبات التي تتراوح بين احدى حالتين لا غير والتي يمكن ان يعبّر عنهما بالنظام الثنائي صفر أو واحد ويمثّلان بالتالي حالتي مطفأ ومشغّل اللتين تعمل البدالات الالكترونية على أساسهما.



ويقوم المحوّل بذلك عن طريق أخذ عينات من الإشارات القياسية في فترات متناوبة منتظمة وتحويل فولط كل عيّنة الى قيمة رقمية منفصلة وثابتة ومحدّدة.



يمثل هذا الرسم موجة حرارية منبعثة من الكرة الارضية على شكل قشرة منسلخة من ثمرة. وبعد ان تعبر الموجة جهاز استشعار تتحول الى اشارات متموجة مختلفة درجات الحرارة. وتعكس القمم والوديان بدقة تامة الاختلافات التي قراها جهاز الاستشعار في درجة حرارة المصدر الحراري الوافد. ومن اجل ذلك نقول ان الاشارات قياسية.

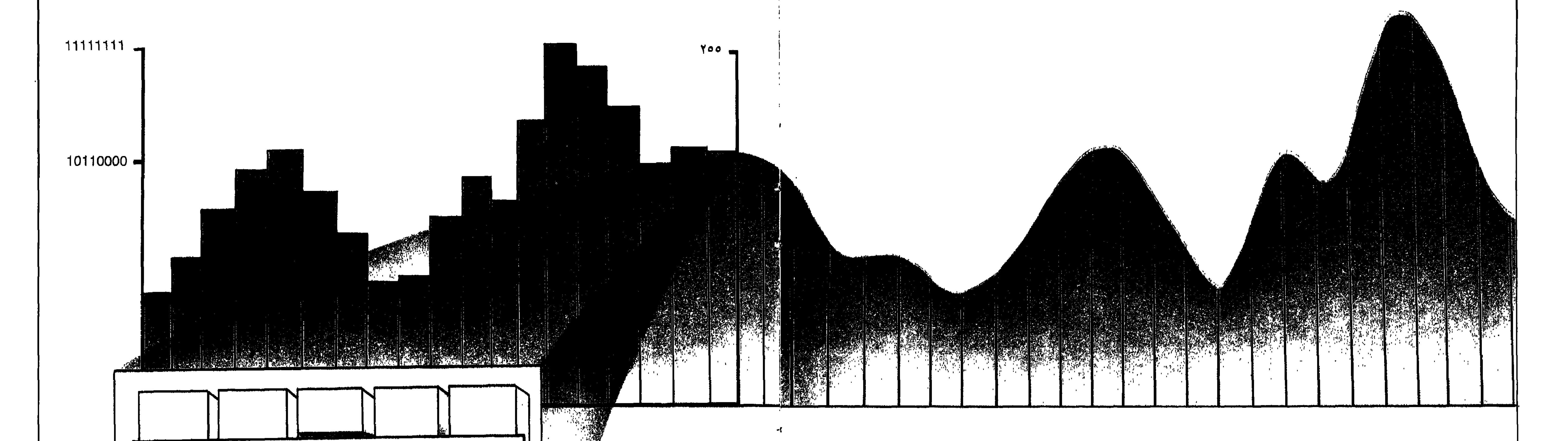
كيف نقرأ الأرقام الثنائية

في النظام الرقمي الثنائي (واساسه الرقم ٢) فإن كل خانة إلى اليسار تتضاعف مرتين. في الرقم الثنائي 10110000، على سبيل المثال، تحتل الاحاد القيم العشرية ١٢٨ و ٣٢ و ١٦ (تُهمل الاصفار). فإذا جمعناها يتكون عندنا الرقم ١٧٦ وهو المرادف العشري للرقم الثنائي 10110000. يطلق على كل خانة بت (Bit) وكل ثمانية بتات تشكل بايتا (Byte). اكبر رقم عشري يمكن التعبير عنه بالبايتات هو ٢٥٥ (11111111). ويتولى الكمبيوتر معالجة المعلومات في وحدات أو كلمات تتراوح بين ٨ و ٦٠ بتاً.

11111111

10110000

00000000



صفر

١٢٨

10110000

10100000

11000000

10000000

00000000

كيف يتم التحويل؟

يمثل الرسم اعلاه تدفقاً حرارياً طبيعياً ينبغي تحويله من موجات مستمرة متواصلة الى إشارات قطاعية منفصلة ذات قيم محدودة تمهيداً لتحويل القيم الى ارقام ثنائية يفهمها الكمبيوتر. ولتحويل الاشارات القياسية المستمرة الى إشارات رقمية منفصلة يتولى المحوّل اخذ عينات من الاشارات الواحدة في فترات منتظمة وبسرعة قصوى يجب ان تتعدّى ضعف سرعة تردد (Frequency) الاشارات وذلك ضماناً لعدم حصول خطأ في التحويل. وحالما يقوم المحول بتسجيل قراءاته بسرعته الوميضية فإنه يعطي كل قطاع يتولى قراءته من الموجة الطويلة المتدفقة قيمة رقمية. وكلما كان الفولط اقوى كان الرقم اكثر ارتفاعاً وكلما انخفض كان الرقم الموازي له منخفضاً. ونلاحظ في الرسم ان القيمة الدنيا للحرارة هي صفر والعليا تتعدى ٢٥٥ درجة.

التحويل من قياسي الى رقمي

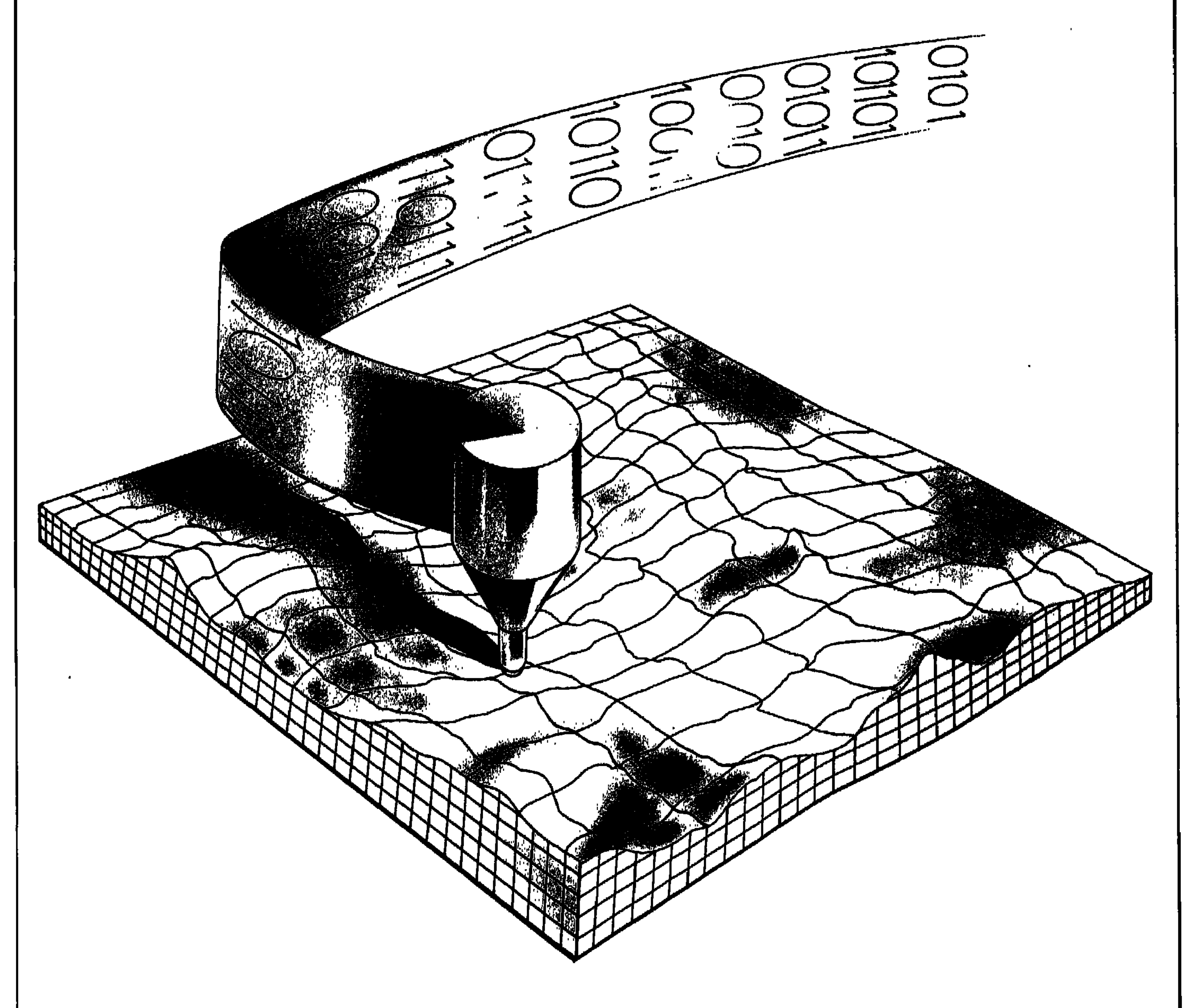
المرحلة الثانية تكون باستخدام تقنية تعرف بـ «التقريب المتتالي» (Successive Proximation) والتي يتولى فيها المحول، وهو في مثلنا يعمل على ٨ بتات، عملية اعطاء قيمة لكل فولط وافد مجهول القيمة وذلك بإطلاق سلسلة فولطات اختبارية تتراوح بين الصفر و ٢٥٥ واجراء مطابقة قياسية بين الاثنين معاً وكذلك اجراء ما يلزم من التعديلات بزيادة بت او إنقاصه لزيادة الرقم او تخفيضه لإكمال المطابقة. فإذا تبيّن مثلاً ان المدى المتوسط 10000000 (ويساوي ١٢٨ في النظام العشري) هو رقم منخفض فان المحوّل يزيد بصورة اوتوماتيكية بتاً واحداً ليصبح الرقم الثنائي 11000000 (يساوي ١٩٢ في النظام العشري). فإذا تبيّن له ان هذا الرقم يفوق المطلوب قام بالغاء البت واضافته إلى الخانة التالية فيصبح الرقم 10100000 (او ١٦٠ في النظام العشري) فإذا كان الرقم منخفضاً يضيف له بتاً اخر ليرتفع الى 10110000 اي ١٧٦. وهنا تتوقف العملية لاكتمال المطابقة. وحينما يقوم المحول بترجمة الموجة الوافدة كلها الى ارقام ثنائية رقمية يقوم الكمبيوتر بتحليلها.

من البيانات الى الظواهر

مثلما ان الظواهر الطبيعية القياسية يمكن ان تتحوّل إلى بيانات رقمية فإنه بالإمكان كذلك تحويل البيانات الرقمية إلى قياسية وبالتالي ترجمة هذه القيم العددية الى ظواهر. ويتوقف ذلك على نوع اداة الإخراج المستعملة.

فالمركّب (Synthesizer) الذي يتيح للكمبيوترات ان تحول البيانات إلى صوت مسموع تحتاج إلى ترجمة الخارج الرقمي إلى إشارات قياسية تنشط مكبر الصوت. في حين ان الأنبوب الكاثودي المفرّغ الذي يعرض البيانات على الشاشة أو الطابعة، التي تنقل النتائج على صفيحة ورقية، مصمم بحيث يترجم الخارج الرقمي إلى أشكال مرئية أو مطبوعة.

وهناك اداة خرج رقمية اخرى هي الراسمة التي تتولى تحويل الإشارات الثنائية التي يرسلها الكمبيوتر إلى إحداثيات (Coordinates) دقيقة يعبر خلالها رأس قلم يتحرّك ذهاباً وإياباً مكوناً، خلال حركته هذه، الرسم التصويري الذي يمثل الظاهرة الطبيعية المعنيّة.





مَا هــو؟	كيفَ يعمَل؟	البيَانات	المعَـالج	الـبَرامـج
اللغـــة	المنطــق	الــدارات	التــأهيـل	الطرفيات

أُصبح من الضَّروريّ الآن أن نأخذ فكرة عمّا يَحدث داخل الكمبيوتر عندما نبدأ بتشغيله، وأن نَتعرَّف إلى سلسلة الخطوات الإجرائيّة التي تُؤهِّله للعمل، وفي هٰذا الفصل والذي يليه نَتناوَل عمليّتي التّأهيل والتّدقيق اللّتين يَبدأ بهما كُلّ عَمل كمبيوتريّ.

الفصل التاسع عشر تأهيل الكمبيوتر

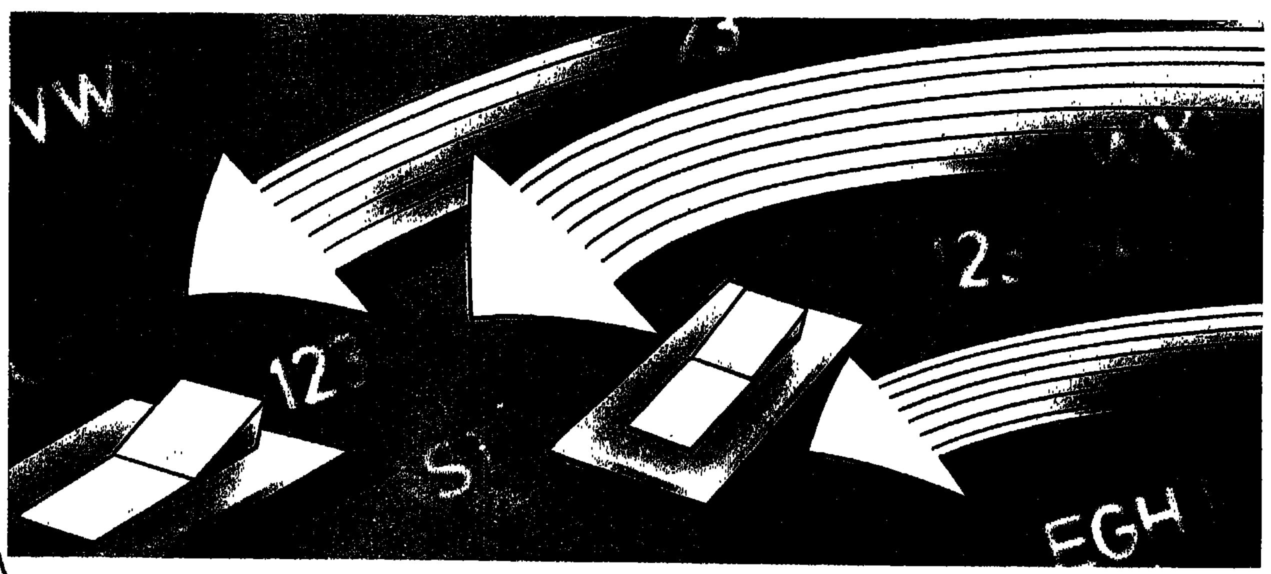
حينما نقوم بتشغيل الكمبيوتر بادارة مفتاح الطاقة، تنتشر الكهرباء في الجهاز وتبدأ سلسلة من الخطوات المقررة سلفا. تبدأ ساعة الكمبيوتر المصنوعة من الكوارتز بارسال اشارات عبر شبكة الجهاز بمعدل عدة ملايين من النبضات في الثانية الواحدة. وكل عمل يحصل يتم التحكم به وضبطه بواسطة هذه النبضات المستقلة عن اشارات الضبط والتحكم الاخرى التي تحصل في الكمبيوتر.

عند انطلاق اولى الاشارات النابضة للساعة تتولى اشارة اعادة الوضعية (Reset Instruction) بصورة اوتوماتيكية تفريغ جميع دارات التخزين والسجلات الموقتة العائدة الى وحدة المعالجة المركزية من اية شحنات عارضة يمكن ان تدخلها عبر التيار الكهربائي عند تشغيل الجهاز او متبقية من آخر مرة جرى فيها تشغيل الجهاز. وبتفريغ سجل خاص يطلق عليه عداد البرنامج (Program Counter) فان اشارة اعادة الوضعية تعيد العداد الى الصفر.

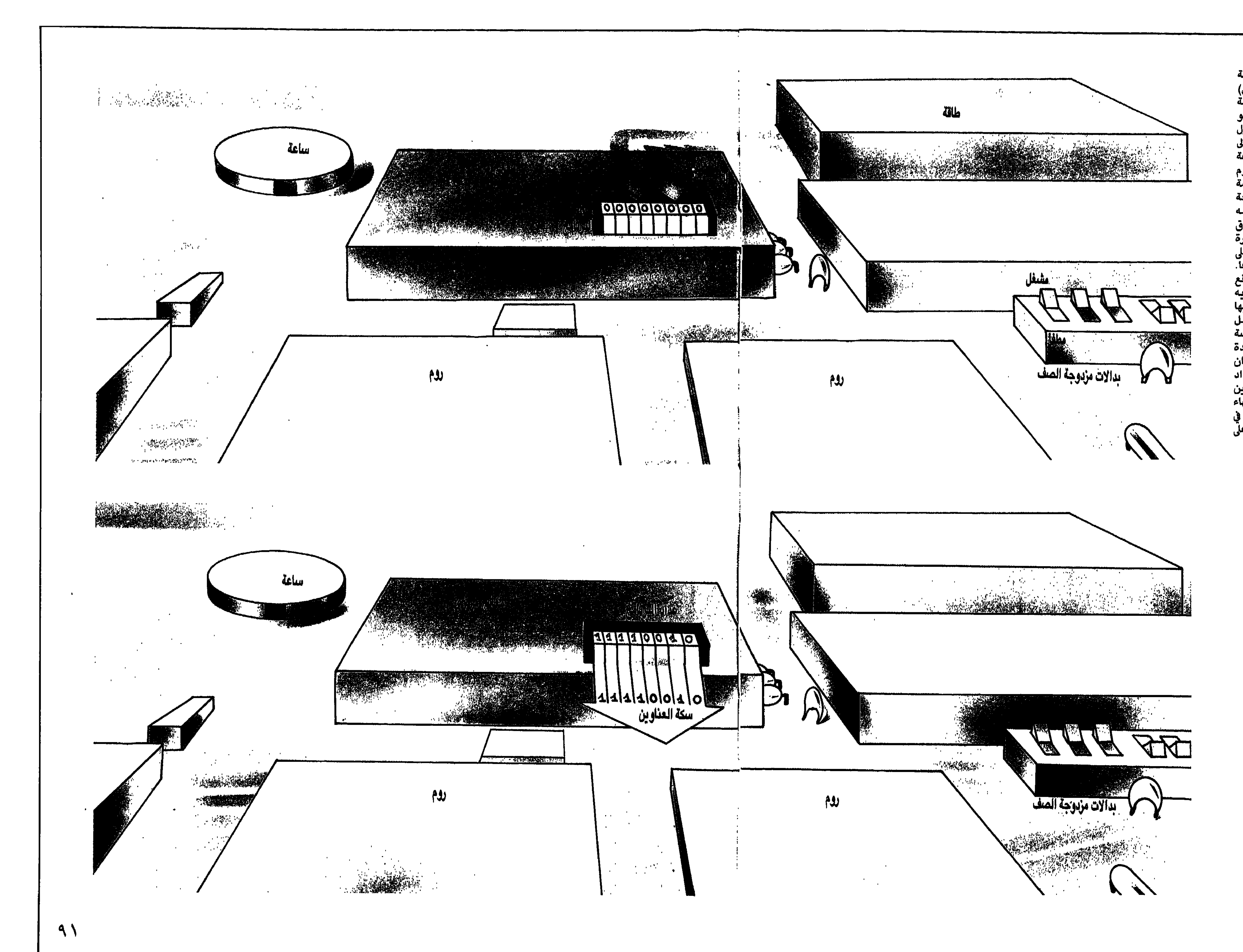
عندها يصبح الجهاز جاهزا لتنفيذ عملية اخرى يطلق عليها التأهيل (Bootstraping). فعند انطلاق النبضة التالية للساعة يجري تحميل عداد البرنامج عنوانا معدا سلفا من قبل مصنعي الكمبيوتر. ويتم تحميل العنوان بواسطة بدالات خاصة تعرف بالبدالات المزدوجة الصف (DIP Switches). هنا يتولى العنوان ـ وهو عبارة عن تسلسل من الفولطات الكهربائية المرتفعة والمنخفضة التي تمثل ارقاما مكونة من واحد وصفر ـ والذي يمكن ان يتألف من ثمانية بتات او ١٦ او ٢٠ تحديد موقع برنامج التأهيل في ذاكرة روم (Rom).

وتختلف برامج التأهيل بين جهاز كمبيوتر وآخر. في بعض الاحيان يعد الكمبيوتر كي يتولى البحث عن مصدر ذاكرة خارجي كسواقة اسطوانات ويتبع عندها اية تعليمات يجدها بانتظاره هناك. في النظام الموضح في الرسم المرفق، يتولى الكمبيوتر البحث عن التعليمات في عدة اجزاء داخلية تابعة للجهاز نفسه.

بعدها تتولى وحدة المعالجة المركزية معالجة برنامج البدء بواسطة بضعة الوف من الخطوات الصغيرة والتي تتمثل في الرسم المرفق بتعليمات مؤلفة من بايت واحد (اي ثمانية بتات). كل بايت يمثل عنوانا او تعليمة معينة او قطعة بيانات موجودة في عنوان معين قد تكون رقما او حرفا ابجديا. ويتحرك كل بايت على شكل تسلسل فولطات مرتفعة او منخفضة ممثلة التعليمات او البيانات باللغة الرقمية الثنائية (واحد وصفر) والتي تتمثل هنا في الرسم بالشريط الاصفر.

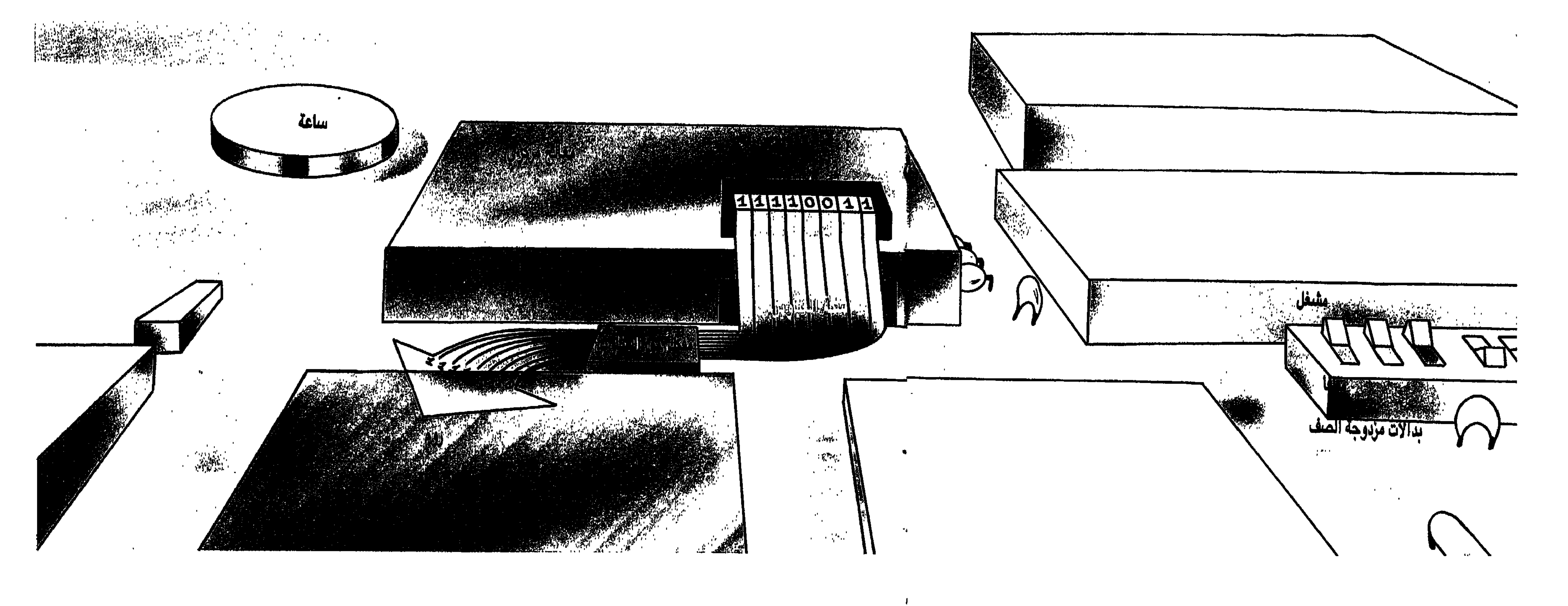


حالما يزود الجهاز بالطاقة (الرسم الاعلى، اللون البنفسجي) تحصل عدة خطوات متتالية وبسرعة فائقة بحيث تبدو كما لو انها تجري في وقت واحد. اول نبضة من نبضات الساعة تتولى اطلاق اشارة اعادة الوضعية مفرغة عداد البرنامج الى الصفر. ويقوم برنامج العداد، الذي يتولى مهمة الساعي، بابلاغ وحدة المعالجة المركزية، بالمكان تكمن فيه التعليمات التالية. ولدى انطلاق النبضة الثانية للساعة (الصورة السفلى لجهة اليمين) يظهر فجاة على عداد البرنامج عنوان مبرمج سلفا. في رسمنا المرفق، العنوان هو لموقع معين في ذاكرة روم وضعت فيه التعليمة الاولى التي دونت عليها بصورة دائمة اوامر تشغيل البرنامج. وعند انطلاق نبضة الساعة التالية تتولى وحدة المعالجة المركزية نقل العنوان المكتوب بلغة رقمية ثنائية من عداد البرنامج الى سكة (باص) العناوين (اللون الاصفر). ومع انتهاء النبضة يكون العنوان التالي في سلسلة العناوين قد ظهر على برنامج العداد.

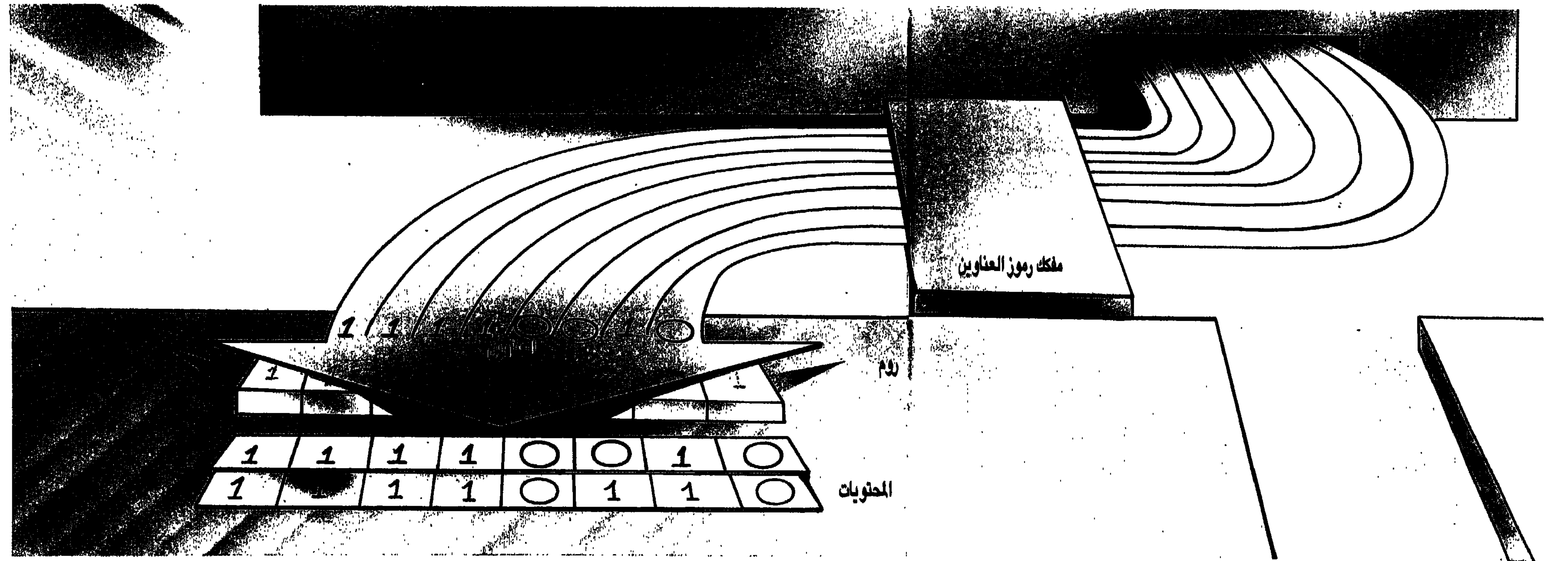




مع نبضات الساعة تتخذ سكة العناوين النمط الثماني للفولطات المرتفعة والمنخفضة التي تمثل رقم عنوان اول تعليمة والقاضية بتاهيل الكمبيوتر واعداده للعمل. كما وان عنوان التعليمة الثانية يكون، عندها، قد اصبح جاهزا في عداد البرنامج. ومع النبضة التالية تتولى الدارات في مفكك رموز العناوين تحديد موقع العنوان. وتتولى النبضة الثالثة التالية، تنبيه الشريحة الملائمة في ذاكرة روم واعدادها.

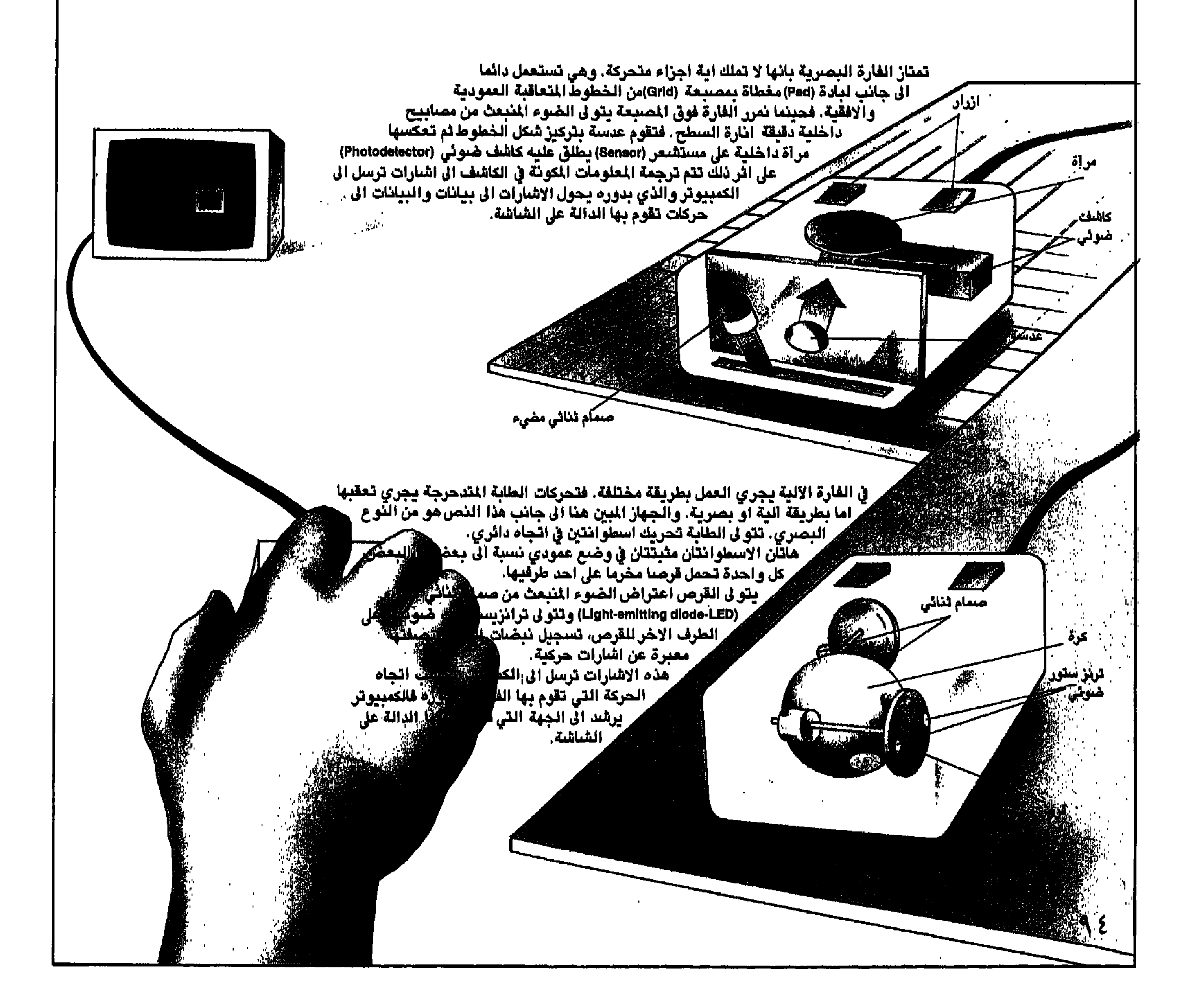


مع استمرار نبضات الساعة تقوم الدارات التي تتضمنها ذاكرة روم بتنبيه خلايا الذاكرة (الدوائر الصفراء في الصورة السفلى) في الشريحة المختارة. ويلاحظ بان الشريط الثنائي العنوان يختلف عن الشريط الذي يمثل المحتويات التي يتضمنها العنوان. فالعنوان يشير فقط الى مكان حفظ البيانات وليس الى مضمون البيانات في الحالة التي نوضحها بالرسم فان المحتويات المكونة من ثمانية بتات هي الشيفرة الثنائية لاول تعليمة في سلسلة التاهيل. وطبعا فان وحدة المعالجة المركزية تحتاج الى قراءة هذه المعلومات كي تبدا بدورها العمل ولكن ينبغي عليها ان تنتظر اشارة خاصة ونبضة الساعة ايذانا بذلك.



ادوات تحريك الدالة المنزلقة

يعتمد جانب كبير من التواصل بين الكمبيوتر ومشغله على الدالة المنزلقة. وهي المؤشر الالكتروني المضيء الذي تنحصر سهمته في الدلالة على المكان الذي ستتم فيه الخطوة التالية من التعامل مع الكمبيوتر. تتحرك الدالة المنزلقة مستجيبة لتعليمات صادرة عن لوحة المفاتيح. فاذا قمنا بالضغط على اشارة ما (حرف او رقم او رمز) على لوحة المفاتيح تنتقل الدالة موقعا واحدا الى اليمين. كما وان الضغط على احد المفاتيح الوظيفية الخاصة المتعلقة بالدالة ينقل الاشارة الى اي من الجهات الاربع ـ فوق او تحت، الى اليمين او اليسار ـ وذلك حسب رغبة المشغل. ولكن حينما يلزم نقل الدالة الى ابعد من موقع واحد او تحريك الاشارة بمرونة وسرعة زائدتين والى مسافات متفاوتة كما يحدث في الالعاب فان المفاتيح لا تلائم مثل هذه المهمة. لذلك صمم المهندسون ادوات تسمح للمشغل بتحريك الدالة بطواعية كاملة. من ابرز هذه الادوات «الفأرة» التي تمسك باليد وتحرك فوق سطح املس وتستطيع نقل الدالة الى الاتجاه المطلوب. والفأرة على نوعين بصري (Optical) (الصورة العليا)، وآلي (Mechanical) (الصورة السفلى).





ما هو؟	كيف يعمل؟	البيانات	المعالج	البرامج
اللغة	المنطق	الدارات	التأهيل	الطرفيات

بدأنا في الفصل السابق التّعرُّف إلى عمليّة التّأهيل التي يَبدأ بها كُلّ عمل كمبيوتريّ وذلك ضمن إطار تقديم فكرة عمّا يَحدث داخل الكمبيوتر عندما نَبدأ بتشغيله، والإلمام بسلسلة الخطوات الإجرائيّة التي تُؤهِّله للعمل، وفي هٰذا الفصل نُتابِع شرح عمليّة التّأهيل.

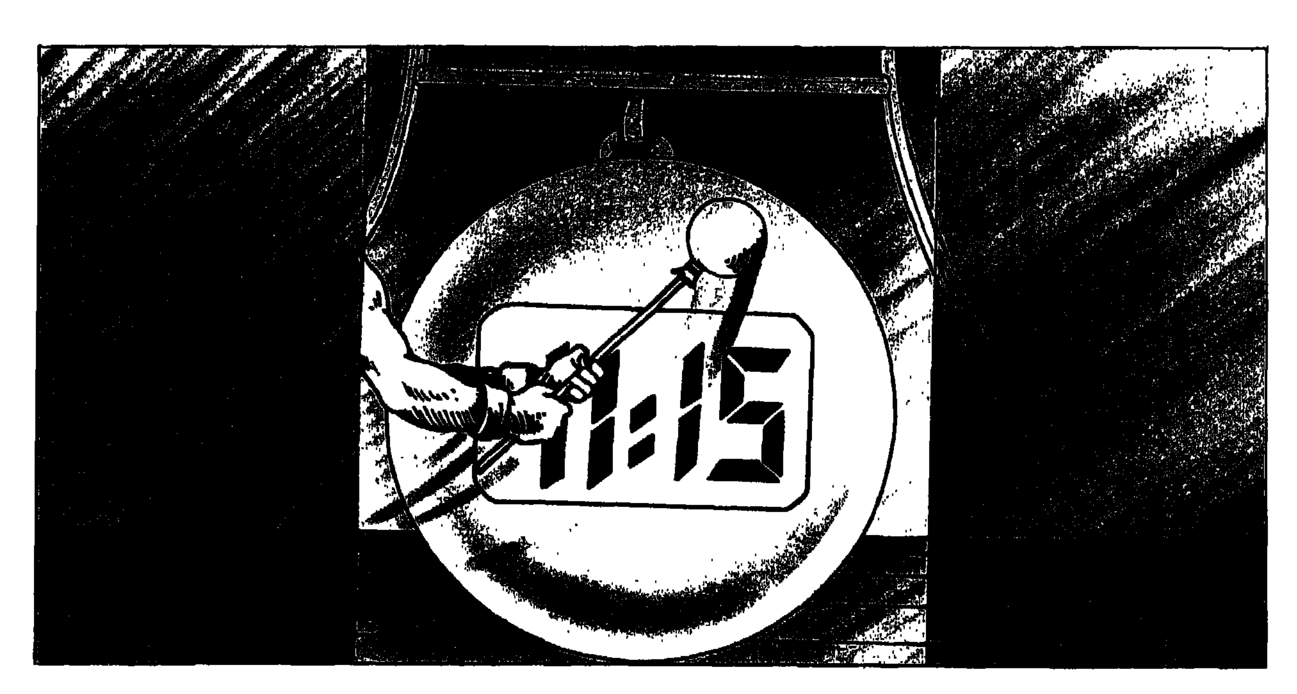
تأهيل الكمبيوتر ٢/

تبدأ عملية التأهيل فور تشغيل الكمبيوتر بادارة مفتاح الطاقة وانتشار الكهرباء في الجهاز ومعه تبدأ سلسلة من الخطوات المبرمجة. واول ما يتحرك هو ساعة الكمبيوتر التي تقوم بارسال اشارات ايقاعية منتظمة مهمتها الايذان بكل عملية من ملايين العمليات التي يقوم بها الكمبيوتر.

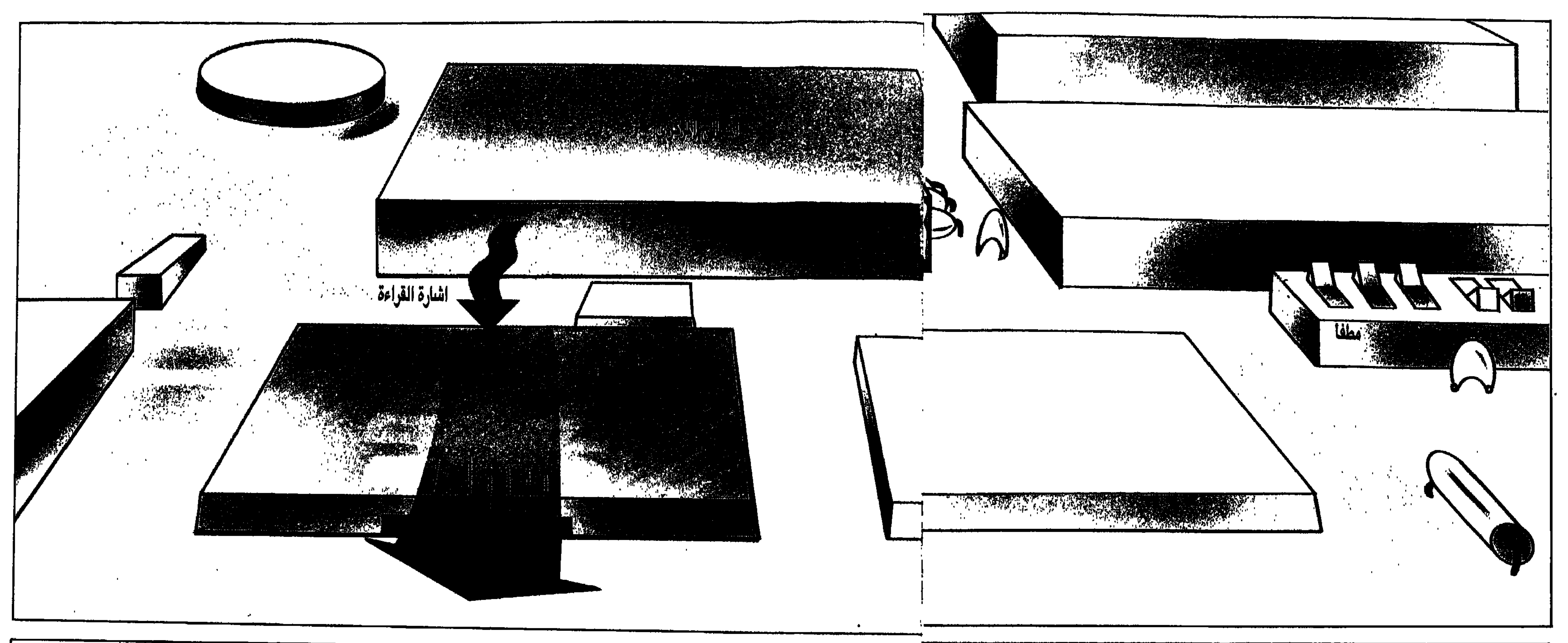
عند انطلاق اولى الاشارات النابضة للساعة يتم تفريغ جميع دارات الكمبيوتر وسجلاته العائدة الى وحدة المعالجة المركزية لجعله مستعدا لتقبل التعليمات الجديدة. وحالما يتم ذلك نلاحظ ان عداد البرنامج يعود الى الصفر.

عندها يصبح الجهاز جاهزا لتنفيذ عملية التأهيل. فعند انطلاق النبضة التالية للساعة يجري تحميل العداد عنوانا على شكل تسلسل من الفولطات الكهربائية المرتفعة والمنخفضة التي تمثل ارقاما مكونة من واحد وصفر والغاية منه تحديد موقع برنامج التأهيل في ذاكرة روم (Rom).

بعدها تتولى وحدة المعالجة المركزية برنامج البدء بواسطة سلسلة من الخطوات الصغيرة التي يصل عددها الى الوف الخطوات. مع كل نبضة للساعة تتخذ البيانات على سكة العناوين النمط الثماني اي تتألف من ثمانية بتات تمثل مكان وجود اول تعليمة والقاضية بتأهيل الكمبيوتر واعداده للعمل. في الوقت نفسه يكون عنوان التعليمة الثانية، قد اصبح جاهزا في عداد البرنامج. ومع النبضة التالية تتولى الدارات تفكيك رموز العناوين وتحديد موقع العنوان. ومع النبضة الثالثة التالية يجري تنبيه الشريحة الملائمة في ذاكرة روم واعدادها لاستقبال التعليمات.



حينما تنبض الساعة نبضتها التالية تعمد وحدة المعالجة المركزية الى ارسال اشارة ضوئية، تشير بـ «اقرا» الى شريحة روم. فتقوم هذه فورا بنقل البيانات وتجهيزها على سكة البيانات. ومن الضروري ان يتم ذلك بحسب هذا التسلسل من اجل ضمان عدم ارسال اية بيانات عبر السلك الداخلي ما لم يتم تنبيه الجهة المعدة لتسلمها ولضمان ذلك يتم تحديد نبضة الساعة واشارة «اقرا» عبر بوابة و. وما لم تكن كلتا الاشارتين صحيحتين، فان الاوامر تتوقف. (من اجل معرفة طريقة عمل البوابات المنطقية يراجع الفصل الثالث عشر).

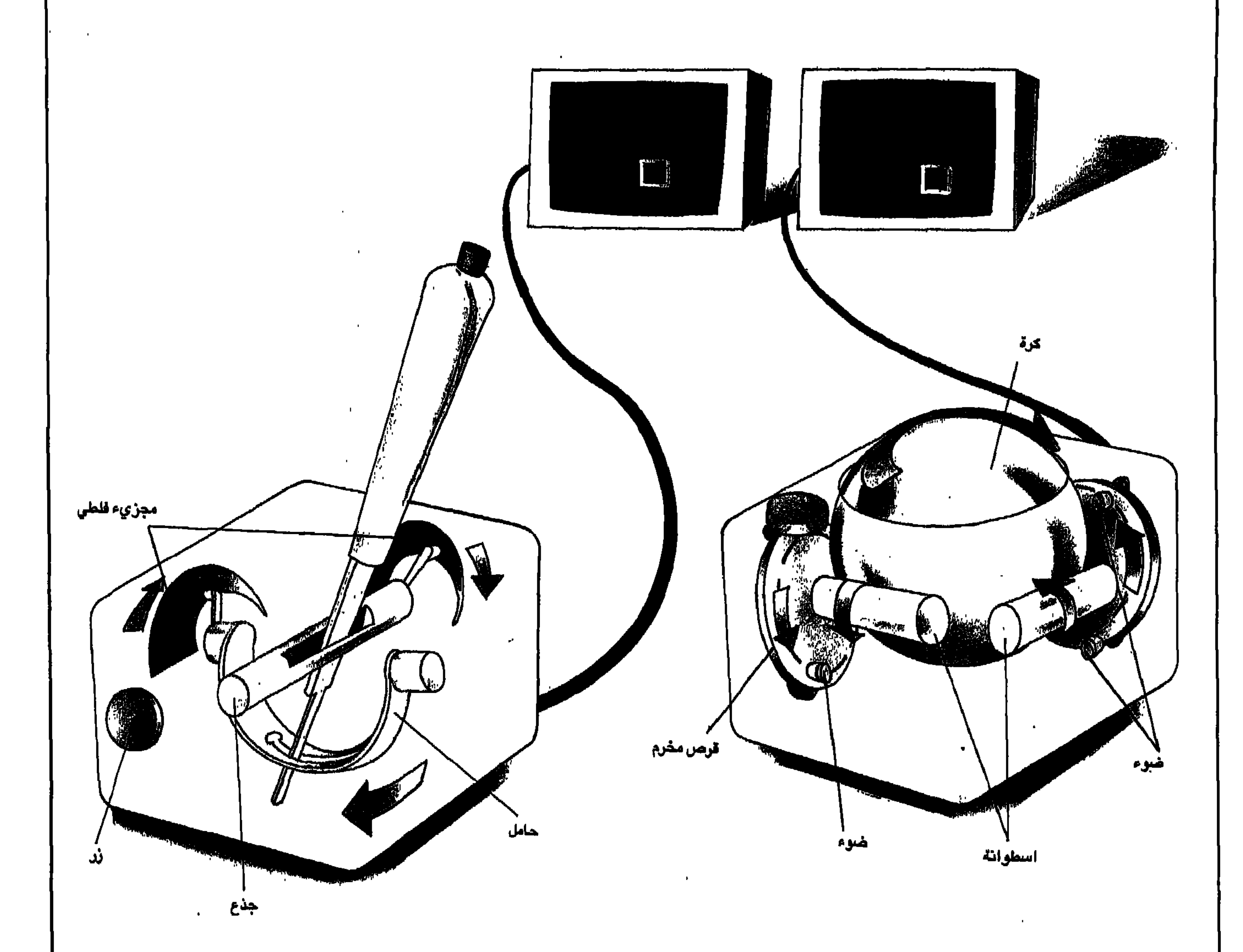


حينما، تستقر البيانات المختارة من العنوان المحدد المطلوب في ذاكرة روم على سكة البيانات فانها تعود مجددا الى وحدة المعالجة المركزية. عندما تنبض الساعة نبضة تالية تلتقط منها وحدة المعالجة المركزية البيانات من السكة وترسلها الى موضع خاص فيها هو مركز السجلات. ولما كانت هذه الدفعة من البيانات التي تتسلمها وحدة المعالجة المركزية هي اول دفعة منذ ان بدانا تشغيل الجهاز، فانها تفهم البيانات على انها تعليمات ينبغي فك رموزها لدى صدور نبضة جديدة من الساعة. ان هذا التسلسل: عداد البرنامج، سكة العناوين، ذاكرة روم، سكة البيانات، فك رموز التعليمة سوف يتكرر مئات المرات الى ان يتم نقل جميع البيانات التي تشكل تعليمة التاهيل الى وحدة المعالجة المركزية حيث يجري تنفيذها واحدة تلو الاخرى. ومع انتهائها تكون عملية التاهيل قد تمت.



ضابط الالعاب

حينما يتعلق الامر بالالعاب والرسوم التصويرية الكمبيوترية فهناك ادوات اكثر تخصصا لتحريك الدالة المنزلقة. ابرز هذه الادوات المسلاة القياسية (Analog Joystick) وكرة الاقتفاء (Trackball).



تعمل كرة الاقتفاء على غرار الفارة الالية ولكن عوضا عن تحريك الاداة كلها فوق سطح اللبادة فاننا نحرك الكرة وحدها في حين تبقى الاداة ثابتة في مكانها. تقوم اقراص مخرمة في نهاية اسطوانتين باعتراض شعاعين ضوئيين وعندها تتولى خلية كهرضوئية استشعار النبضات الضوئية وبثها على شكل معلومات الى الكمبيوتر. وبدوره يترجم الكمبيوتر المعلومات الى حركات للدالة المنزلقة.

تتضمن المسلاة القياسية على مجزئين فلطيين (Potentiometer) مثبتين بشكل متقاطع، اي ان جذع الاول يتقاطع بزاوية تسعين درجة مع حامل الثاني. تتمحور قاعدة المسلاة على كل من جذع المجزيء الاول وحامل المجزيء الثاني. يتولى احد المجزئين تسجيل التحركات العمودية، في حين يتولى الثاني تسجيل التحركات الافقية. وحينما تتحرك المسلاة يتدحرج الجذع الاعلى باتجاه في حين يتحرك الحامل في اتجاه آخر. ويتولى الكمبيوتر تسجيل عينات الفلطات المتنوعة التي يتلقاها من كل مجزيء فلطي ويحولها الى حركات للدالة المنزلقة على الشاشة.



مـا هـو؟	كيفَ يعمَل؟	البيَانات	المعالج	البَرامج
اللغـة	المنطق	الـدارات	التأهيل	الطرفيات

يَبدأ كلّ نشاط كمبيوتريّ بعمليّتين هما التّأهيل أي إعداد الكمبيوتر لتَلقّي التّعليات الجديدة فور تشغيله بعد أن يكون مُطفأ والتّدقيق أي سلسلة عمليّات التّدقيق الذاتيّة التي يقوم بها الكمبيوتر للتّثبّت من أنّ كُلّ شيء على ما يرام وأنّ الكمبيوتر أصبح جاهزًا للتّعليات.
في فصلين سابقين عرضنا عمليّة التّأهيل، وفي هٰذا الفصل نَعرض كيف تَتمّ عمليّة التّدقيق.

الفصل الحادي والعشرون — عملية التدقيق

فور انتهاء عملية التأهيل التي تتم بسلسلة اجراءات بفاصل لا يتجاوز ٣٠ نانو ثانية بين الواحد والآخر (النانو ثانية هي جزء من بليون من الثانية) تبدأ عندها عملية التدقيق التي تتولاها شريحة رام وهي شريحة الذاكرة القابلة للقراءة والكتابة. والغرض من عملية التدقيق هذه هو التثبت من ان جميع شرائح الكمبيوتر تعمل بانتظام. وبدورها فإن هذه العملية تتألف من ملايين الاجراءات المنفصلة. اما الوقت الذي تستغرقه ـ وهو لا يتجاوز عادة بضع ثوان ـ فيتوقف على سعة ذاكرة الكمبيوتر.

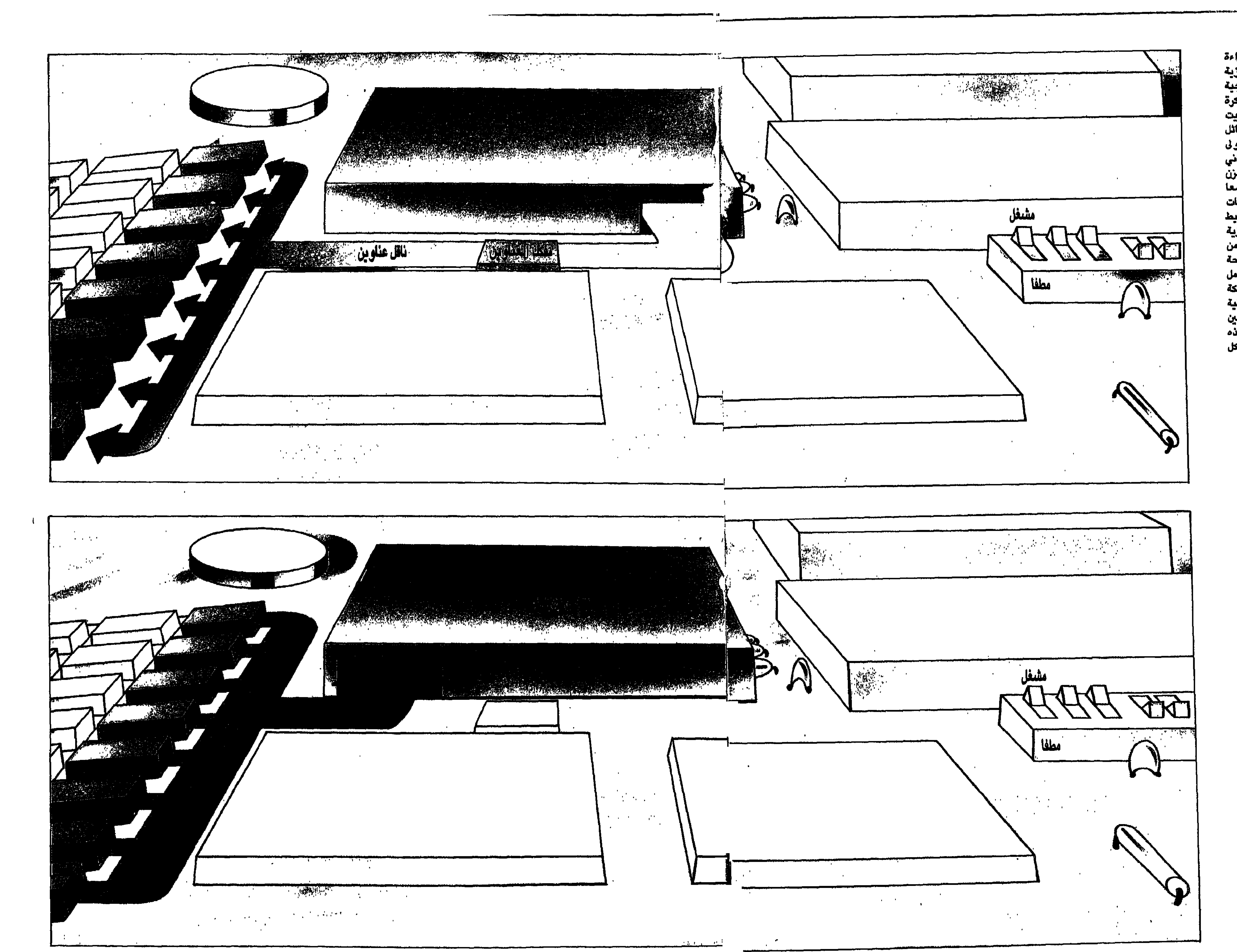
تعتبر عملية التدقيق التي تقوم بها شريحة رام معقدة لسببين: الاول هو ان ذاكرة رام الاعتيادية سعتها ٦٤ ك. ب. من المعلومات اي ٦٥٥٣٦ بتا من المعلومات (كل ك. ب. يساوي ١٠٢٤ بتا). والثاني هو ان هذه الشرائح الدقيقة تخزن المعلومات الالكترونية بطريقة مختلفة كليا عن الطريقة التي تخزن فيها شريحة روم (ذاكرة قراءة فقط) المعلومات. فاذا عدنا الى رسوم الحلقتين السابقتين، نلاحظ ان وحدات المعلومات في ذاكرة روم والمؤلفة من ثمانية بتات والتي تقراها وحدة المعالجة المركزية موجودة على شريحة واحدة. في حين ان البتات الثمانية المخزونة في ذاكرة رام والتي تشكل وحدة معلومات محفوظة في ثماني شرائح مختلفة وبتسلسل ثابت. هذا الاسلوب لا يتيح لمصمم الكمبيوتر الافادة القصوى من المساحة المخصصة للخزن فحسب وانما تسليكا (Wiring) افضل على عارضة (Board) الكمبيوتر.

وكي يتم التاكد من انه لا توجد اية شريحة معطوبة في ذاكرة رام تقوم وحدة المعالج المركزية على سبيل الاختبار بارسال مجموعة من البيانات عبر سكة (باص) العناوين (اللون الاصفر) الى عنوان معين. فيقوم مفكك رموز العناوين بتنبيه كل شريحة من الشرائح الثماني والتي سوف تحتفظ كل واحدة منها ببت واحد من البيانات، وحينما يتاكد من ان كل شيء على ما يرام يحفظ كل بت في شريحة. بعد ذلك تطلب وحدة المعالجة المركزية قراءة البيانات التي تم خزنها للتو. فيقوم مفكك الرموز، من جديد، بتنبيه الشرائح الثماني بارسال كل بت تلو الآخر عبر سكة البيانات (اللون الازرق) الى وحدة المعالجة المركزية. فتقوم وحدة المعالجة المركزية بمطابقة البايت «الوافد اليها مع البايت الذي كانت قد اوفدته هي». فاذا كان الاثنان متماثلين كانت نتيجة التدقيق ايجابية اي سليمة.

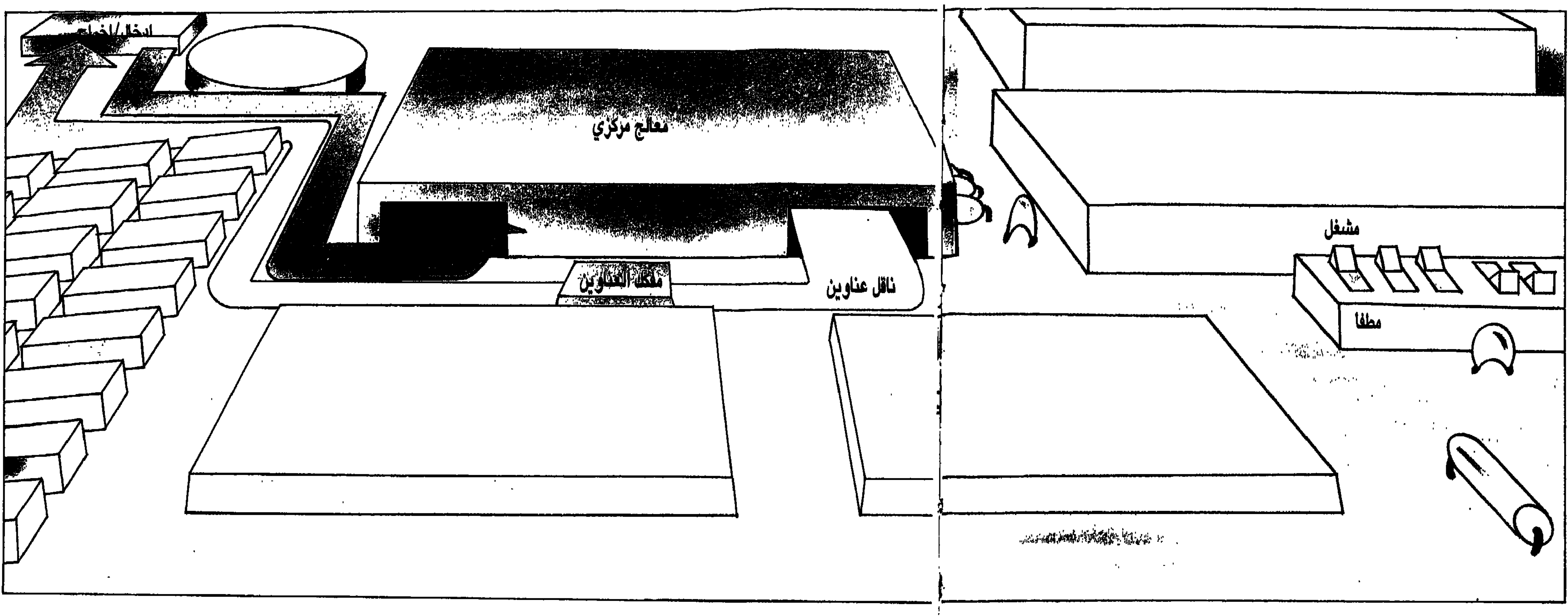
ان تدقيق كل شريحة بصورة كاملة يتطلب من وحدة المعالجة المركزية اجراء هذا الاختبار ٦٥٥٣٦ مرة. لكن خلال ذلك تكون شرائح اخرى قد اختبرت بدورها. فاذا وجدت وحدة المعالجة المركزية اية اخطاء تقرر عندها ان بعض اجزاء رام معطوبة وينبغي عدم استعمالها.



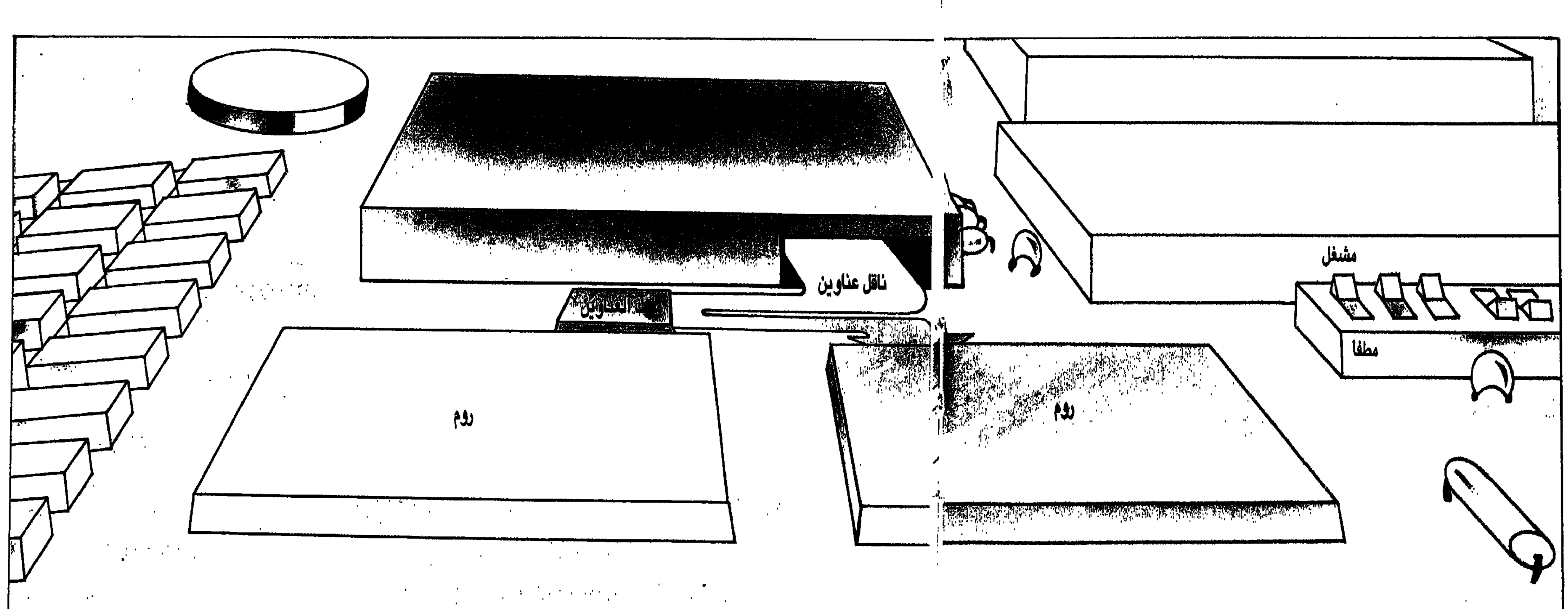
لاختبار ذاكرة روم (ذاكرة للقراءة والكتابة) تتولى وحدة المعالجة المركزية «كتابة» بمعنى ارسال، قطعة نموذجية من البيانات الى كل موقع في الذاكرة (الرسم اعلاه). ومن اجل كتابة بايت واحد (اي ثمانية بتات، وكل بت يماثل حرفا او اشارة) على ذاكرة رام يتولى مفكك رموز العناوين البحث عن ثماني شرائح منفصلة، كل واحدة منها تخزن بتا واحدا من البيانات ولكنها تشكل معا عنوانا واحدا. وحينما يتم خزن بيانات الاختبار هذه في ذاكرة رام لجزء بسيط من الثانية تشير وحدة المعالجة المركزية برغبتها في قراءة البيانات في واحدة من سجلاتها (الرسم الاسفل). وكل شريحة تحتفظ ببت هو جزء من بايت كامل يشكل وحدة الاختبار ويطلق عبر سكة البيانات. فيتم نقل البايت بكامله ثانية الى وحدة المعالجة المركزية للمطابقة بين البيانات المرسلة وتلك العائدة. هذه الدورة تتكرر الى ان يتم اختبار كل شرائح ذاكرة رام.



بعد ان يتم اختبار شرائح الذاكرة يتولى الكمبيوتر اجراء اختبار مشابه على بوابات الادخال والاخراج. ويتولى برنامج خاص ارسال تعليمة تلو الاخرى لاجراء الاختبار وعلى نفس المنوال المفصل انفا. فتقوم وحدة المعالجة المركزية بارسال سلسلة من الاشارات المتكررة الى البوابات عبر القسم الخلفي لعارضة الكمبيوتر. بعد ذلك يتم تدقيق بوابات المرقاب والطابعة وغيرهما من الاجهزة الملحقة.



اخر ما يتلقاه برنامج تاهيل الكمبيوتر على صعيد التدقيق هو مجموعة تعليمات تبلغ وحدة المعالجة المركزية امر تدقيق شريحة روم خاصة لاستخراج التعليمة التالية. هذه الشريحة تتضمن لغة داخلية تكون عادة مكتوبة بلغة بايسيك (Basic) او برنامجا ضمنيا للمستخدم مثل معالج نصوص. خلال ثوان من ادارة الجهاز تنتقل عملية التدقيق والضبط في الكمبيوتر الى هذا البرنامج او الى هذه اللغة. فتظهر رسالة على المرقاب مشيرة الى ان الجهاز اصبح جاهزا. هذه الرسالة تختلف بين جهاز واخر، وقد تكون رسالة ترحيب ودية. ولكنها في اغلب الاحيان عبارة: «جاهز» (Ready).





ما هو؟	كيف يعمل؟	البيانات	المعالج	البرامج
اللغة	المنطق	الدارات	التأهيل	الطرفيات

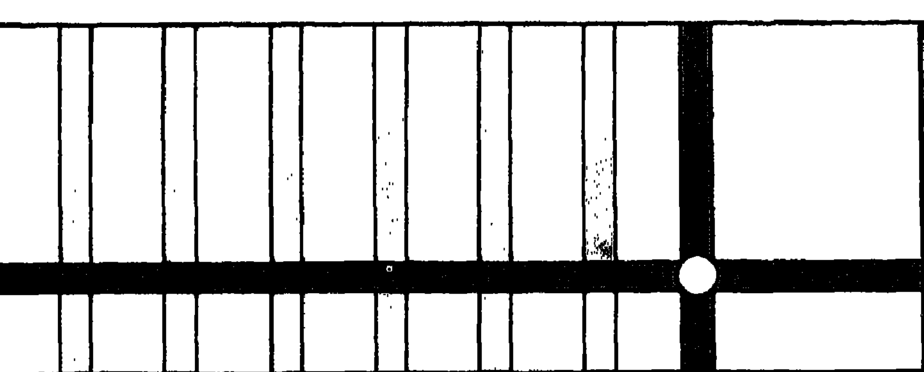
بعد أن عرضنا في ٢١ فصلاً مُكوِّنات الكمبيوتر ولغته الإلكترونيّة ومنطقه الرِّياضيّ والدارات الثُّنائيّة التي تُسيِّره والطَّريقة التي يَتمُّ بها تأهيله للعمل، نَبدأ مع هٰذا الفصل استعراضنا للأجهزة الأساسيّة المُلحَقة بالكمبيوتر وطريقة عملها.

الفصل الثاني والعشرون — لوحة المفاتيح

تبدو لوحة المفاتيح مثل الواجهة الامامية للآلة الكاتبة. فهي تحتوي، بدورها على مجموعة مفاتيح طُبع على كل واحد منها حرف أو رقم او رمز او امر. وكل ما عدا ذلك مختلف.

فمفاتيح الآلة الكاتبة هي اشبه بزنادات تطلق، عند الضغط عليها، حركة آلية تؤدي الى طباعة الحرف او الرمز على الورق. في حين ان لوحة المفاتيح الكمبيوترية تقوم بدور

تحت كل لوحة مفاتيح تكمن شبكة من الاسلاك. وكل مفتاح يتمركز فوق تقاطع شبكي يؤدي تماس كل سلكين متعارضين فيه الى اغلاق التماس الكهربائي. ونظرا الى ان كل مفتاح يؤثر في وقت واحد على خط افقي وآخر عامودي من الشبكة فإن المعالج الصغري للوحة المفاتيح لا يتطلّب سوى رصد الخطوط الافقية لانها اقل عددا من الاعمدة. ويتولى المعالج ذلك باستخدام التيار الكهربائي لمسح كل صف على التوالي وذلك عدة آلاف من المرات في الثانية الواحدة. وعملية المسح هذه تجري سواء كنا نستخدم لوحة المفاتيح ام لا.



قد يستمر المسح الوف المرات دون اية نتيجة ايجابية الى ان نضغط نحن على أحد المفاتيح. وعندها يكتشف المعالج صفا افقيا حصل فيه أغلاق للدارة الكهربائية. ومن اجل ان يحدد المعالج المفتاح الفعال، اي المفتاح الذي تم ضغطه على ذلك الصف يبدأ عندها وعندها فقط بمسح الاعمدة ليكشف عن الخط العمودي اذي تم التماس بينه وبين خط افقي.

ونظرا الى ان مفتاحا واحدا فقط يمكن تفعيله على اللوحة فوق نقطة معينة من تقاطع الصفوف والاعمدة فان المفتاح المضغوط يتحدد بسرعة. فيسجل المعالج موقعه ويبث المعلومات عند الموقع كرمز مفتاحي (Key code). وعندما يتابع المعالج مسح اللوحة بحثا عن ضربات مفاتيح اخرى فانه يتجاهل المفتاح المضغوط الى ان يحرره الطابع برفع اصبعه عن المفتاح، مفسحا المجال لتحديد مواقع مفاتيح مضروبة اخرى طوال فترة استمرار الضغط على المفتاح الاول.

مختلف. فهي تطلق اشارات كهربائية تسجل مكان ضربات المفاتيح وتسلسلها. هذه الاشارات تؤدي معاني مختلفة كما وان النتيجة المباشرة لها غير ظاهرة بالنسبة للجالس وراء الجهاز.

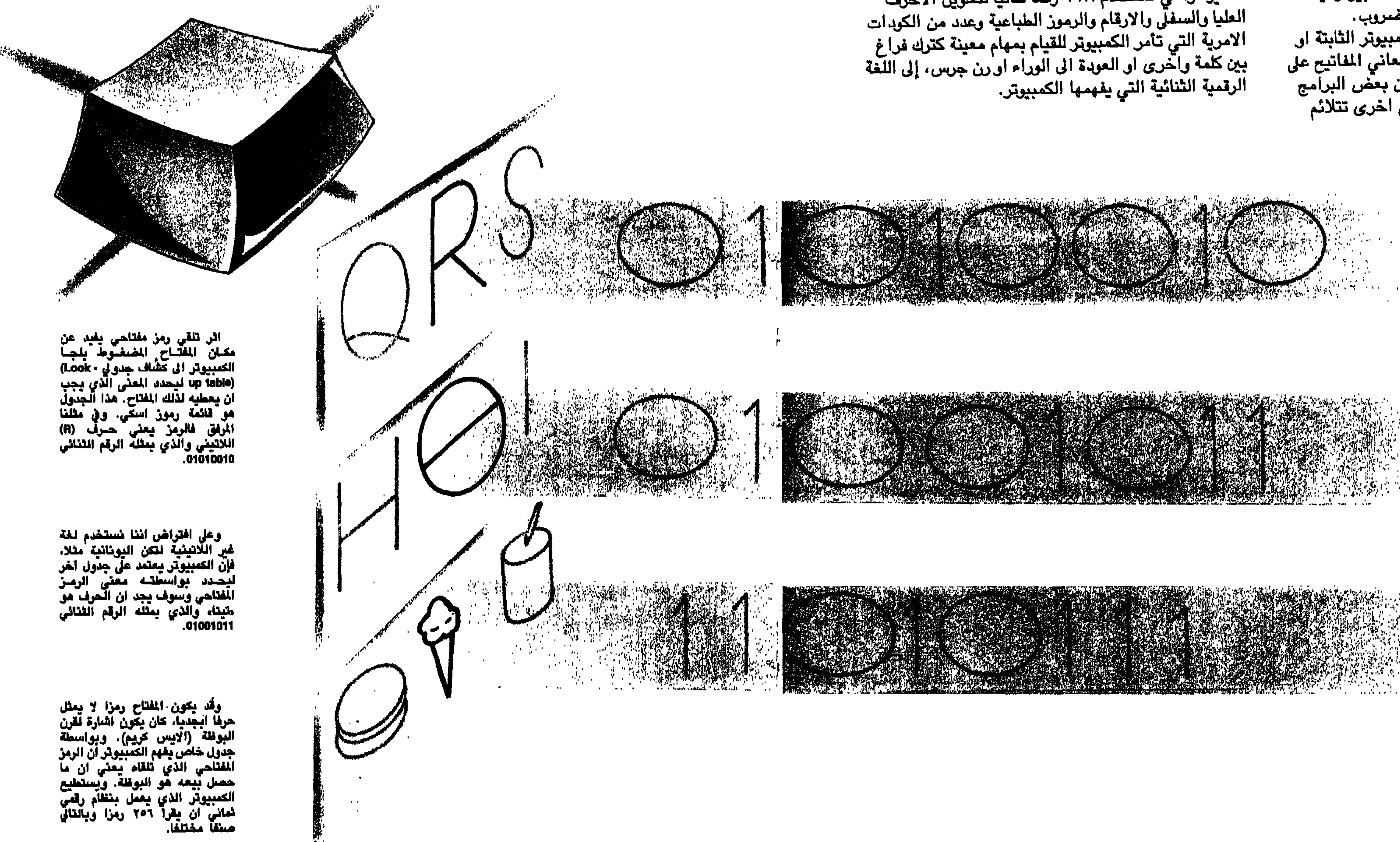
رغم ان لوحات المفاتيح التي تستخدم مفاتيح شبيهة بمفاتيح الالات الكاتبة هي الاكثر شيوعا فان هناك انواعا من لوحات المفاتيح مجهزة بلوحات غشائية (Membrane Panels) ـ هي عبارة عن بدالات لمسية ـ الاحساس تبطن سطحا بلاستيكيا. هذا النوع من اللوحات يستخدم عادة للتحكم بالكمبيوترات التي تقوم بعمليات محدودة الخرج. فقد نشاهد منها في المطاعم او المصانع حيث تحمل اشارات محددة مثل «ابدأ» او «توقف» او رموزا تمثل انواعا محددة من الاصناف المعروضة للبيع. وفي الواقع ان المفاتيح الغشائية لا تصلح للاعمال التي تنطوي على مقادير كبيرة من البيانات.

ان الاشارة التي يولدها المعالج الصغري للوحة المفتاتيح لا تعني سوى التفسير الواحد المعطى للرمز في الجدول الذي يحتويه الكمبيوتر. وقبل ان يتمكن الكمبيوتر من معالجة رمز ما عليه ان يفسر الرمز ويحوله الى معلومات ذات معنى. ولهذا يصار الى تزويد كل كمبيوتر بكشاف الكتروني جدولي.
Look - up table .

يربط كل رمز بقيمة رقمية ثنائية ويلجأ اليه الكمبيوتر ليحدد قيمة الحرف الابجدي او الرقم او الرمز المضروب.

ويتواجد الكشاف الجدولي في ذاكرة الكمبيوتر الثابتة او في لوحة المفاتيح نفسها. وعادة فانه يحدد معاني المفاتيح على ضوء استعمالاتها الشائعة المتداولة. على ان بعض البرامج تتطلب جداول مختلفة تعطي المفاتيح معاني اخرى تتلائم والاستعمالات الخاصة او الاضافية المرسومة للكمبيوتر.

وهكذا فان الكمبيوتر الذي يعالج مفاتيح تشتمل على حروف رومانية وارقام عربية يستطيع ان يعطي نفس المفاتيح معاني إخرى تنطبق على اصناف شرائية او رموز رياضية. وغالبا ما تُعتمد في الكمبيوترات جداول رموز خاصة لترجمة الحروف والارقام الى لغة ثنائية. هذه الجداول معروفة بقائمة اسكي المعايرة والتي تستخدم ١٢٨ رقما ثنائيا لتحويل الاحرف العليا والسفلى والارقام والرموز الطباعية وعدد من الكودات الامرية التي تأمر الكمبيوتر للقيام بمهام معينة كترك فراغ بين كلمة واخرى او العودة الى الوراء او رن جرس، إلى اللغة الرقمية الثنائية التي يفهمها الكمبيوتر.



اذ تلقي رمز مفتاحي يفيد عن مكان المفتاح المضغوط يلجا الكمبيوتر الى كشاف جدولي (Look - up table) ليحدد المعنى الذي يجب ان يعطيه لذلك المفتاح. هذا الجدول هو قائمة رموز اسكي. وفي مثلنا المرفق فالرمز يعني حرف (R) اللاتيني والذي يمثله الرقم الثنائي 01010010.

وعلى افتراض اننا نستخدم لغة غير اللاتينية لتكن اليونانية مثلا، فإن الكمبيوتر يعتمد على جدول اخر ليحدد بواسطته معنى الرمز المفتاحي وسوف يجد ان الحرف هو «تيتا» والذي يمثله الرقم الثنائي 01001011.

وقد يكون المفتاح رمزا لا يمثل حرفا ابجديا، كان يكون اشارة لقرن البوظة (الايس كريم). وبواسطة جدول خاص يفهم الكمبيوتر ان الرمز المفتاحي الذي تلقاه يعني ان ما حصل بيعه هو البوظة. ويستطيع الكمبيوتر الذي يعمل بنظام رقمي ثماني ان يقرأ ٢٥٦ رمزا وبالتالي صنفا مختلفا.



بدأنا في الفصل السابق شرح طريقة عمل بعض الأجهزة الطَّرَفيّة الأساسيّة في عمل الكمبيوتر انطلاقًا من لوحة المفاتيح، وفي هٰذا الفصل نَتناول المرقاب أو شاشة العرض وطريقة تكوين الصّورة على الشاشة وأنواع المراقيب وآليّة عملها.

الفصل الثالث والعشرون — المرقاب/شاشة العرض

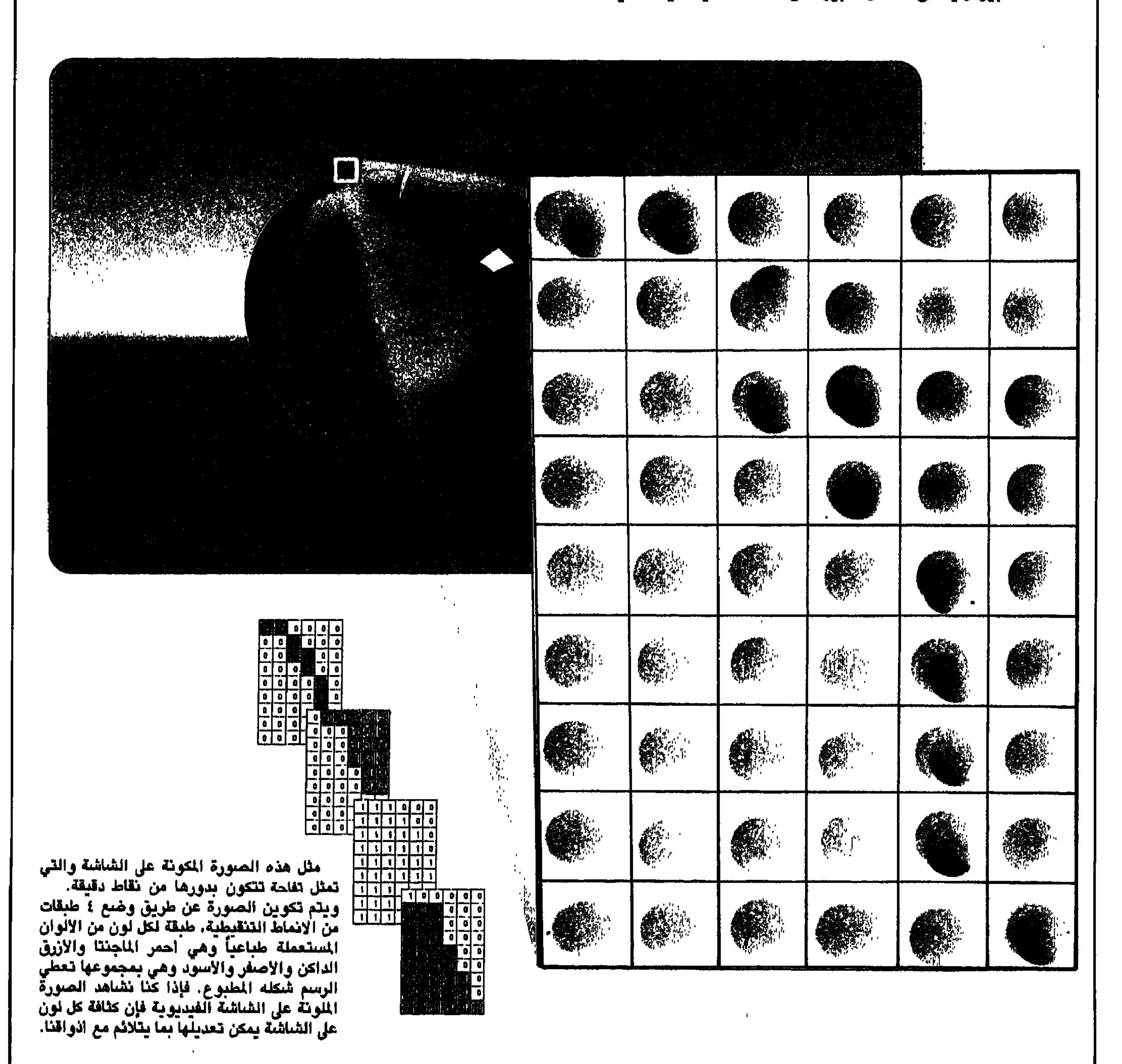
يتولى الكمبيوتر عرض النتائج والتي تسمى بـ «الخارج» على المرقاب (الشاشة) أو الطابعة على هيئة أشكال. وهذا بغض النظر عما إذا كان الخارج أحرفاً أو أمراً ما أو صوراً. ويتمّ رسم الأشكال بواسطة نقاط من الضوء أو الحبر مرمزة بالترقيم الثنائي المستعمل في الكمبيوتر. لكن معظم الكمبيوترات تتناول كل من النص والرسوم التصويرية بأسلوب مختلف.

فالنص تتولاه شريحة خاصة يطلق عليها «مولد الحروف»

في مثلنا المرفق يتولى «مولد الحروف» توليد مجمّع من الارقام الثنائية ليستخدمه عند تكوين نمط تنقيطي على شكل حرف (R) اللاتيني. فالرقم الثنائي ١ يشير إلى وجود نقطة حبر أو ضوء في حين أن الصفر يعني غياب النقطة. وتتكون المجمعات المستعملة لتشكيل الأبجدية اللاتينية من ٩ صفوف افقية وستة عامودية (يبقى العامود السادس فارغاً ليشكل الفراغ اللازم بين الاحرف). اما الأحرف التي تشكل ابجدية اخرى كالعربية او اليابانية فإنها تحتاج إلى مجمعات رقمية كبيرة تتألف من ٢٤×٢٤.

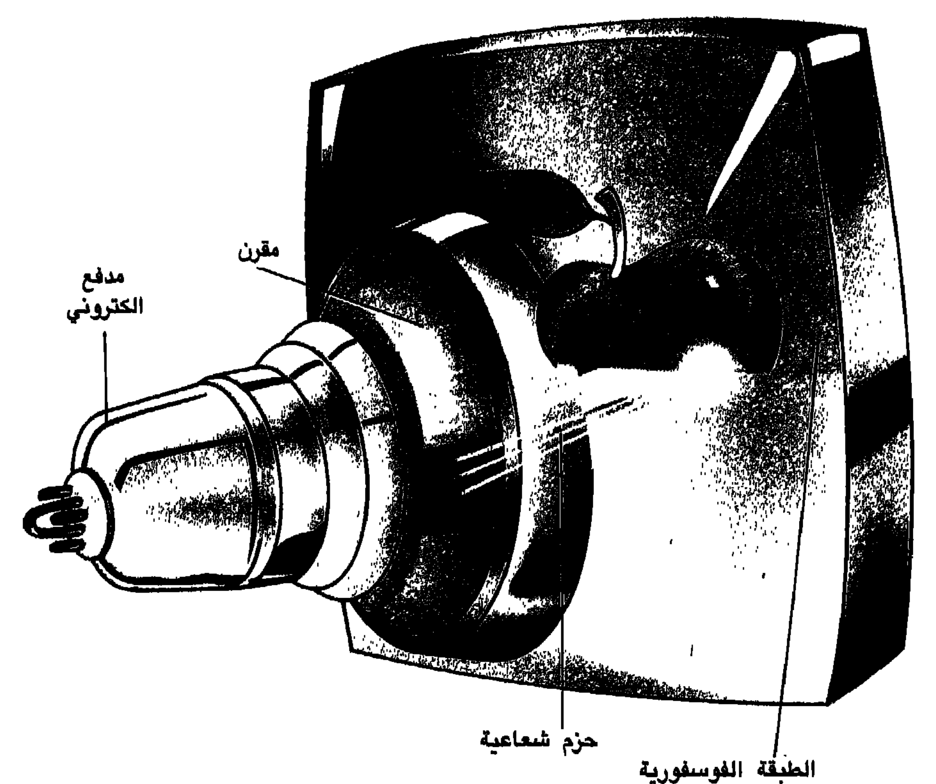
(Character Generator) والتي تتسلّم رموز الأحرف المعدة للخرج وتترجمها؛ حرفاً تلو الآخر، إلى مجمعات (Blocks) متساوية الحجم مؤلفة من احاد واصفار - وكل صفر أو واحد يتحكّم بنقطة واحدة من النقط التي يتألف منها الشكل المعروض على الشاشة، والتي يطلق عليها اسم نقاط مضيئة (Pixels). جميع الاحاد والاصفار التابعة للمجمع الواحد، تشكل، مجتمعة، خريطة للحرف ومتواجدة في ذاكرة مولد الحروف. وهذا الترتيب من شأنه أن يخفّف العبء عن وحدة المعالجة المركزية والذاكرة المركزية معاً. ولما كان شكل كل حرف يرمز بـ ٥٤ رقماً إصبعياً ثنائياً (Binary Digit) فإن الكمبيوتر يحقّق مقداراً كبيراً من الكفاءة حينما يحفظ في ذاكرة مولد الحروف التعليمات الخاصة بكل شكل ويستدعيها واحدة تلو الأخرى لترجمتها وعرضها على الشاشة أو الطابعة.

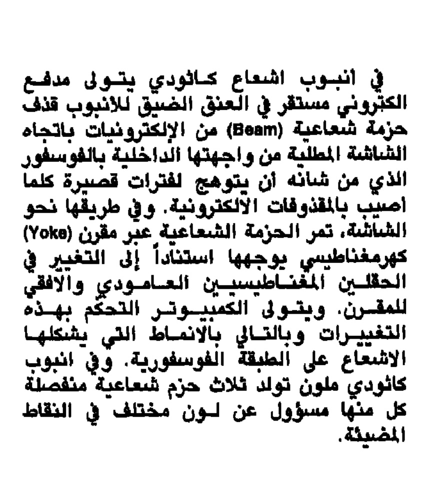
بالنسبة للصور تستعمل قوالب مشابهة تتيح تكوين رسوم صغيرة كالأشكال المتحرّكة في ألعاب الفيديو (من صواريخ وطائرات إلى كائنات فضائية الخ...) ولكن معظم الرسوم التصويرية تعالج كما لو ان كل رسمة هي فريدة من نوعها وجديدة. كما وان الكمبيوتر يعالج الرسم ككل وليس على صورة أجزاء حتى وان كان تنفيذ الرسم يبدأ نقطة تلو الأخرى.

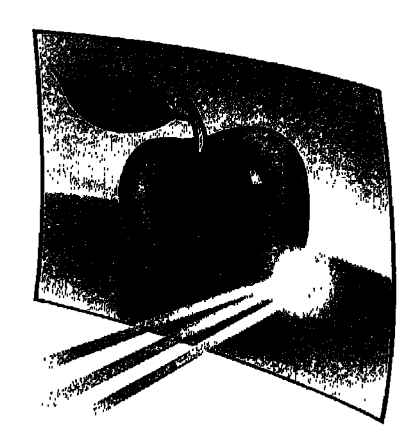


مثل هذه الصورة المكونة على الشاشة والتي تمثل تفاحة تتكون بدورها من نقاط دقيقة. ويتم تكوين الصورة عن طريق وضع ٤ طبقات من الانماط التنقيطية، طبقة لكل لون من الألوان المستعملة طباعياً وهي احمر الماجنتا والأزرق الداكن والاصفر والأسود وهي بمجموعها تعطي الرسم شكله المطبوع. فإذا كنا نشاهد الصورة الملونة على الشاشة الفيديوية فإن كثافة كل لون على الشاشة يمكن تعديلها بما يتلائم مع أذواقنا.

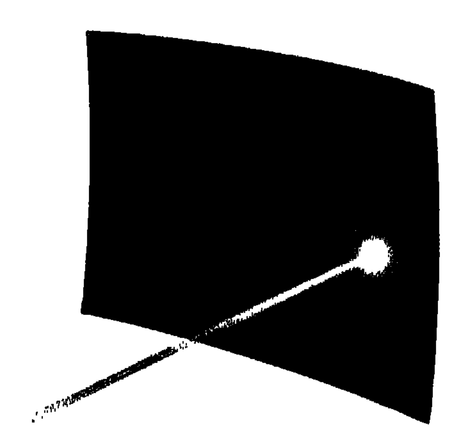
في معظم الكمبيوترات تتألف شاشة المرقاب من انبوب اشعاع كاثودي المماثل للشاشة التلفزيونية. وبمرور الوقت أصبحت الأنابيب الإشعاعية الكاثودية أكثر نقاوة وصفاء وبالتالي قدرة في مجال التلوين والتكثيف. والتطور الأكبر الذي لحقها هو في مجال التحديد (Resolution) وهو العامل المسؤول عن تمكين الشاشة من اعطاء مزيد من التفاصيل في الصورة المعروضة. وهناك أنابيب إشعاعية كاثودية قادرة على اظهار صور مكونة مما لا يقل عن تسعة ملايين نقطة مضيئة




في انبوب اشعاع كاثودي يتولى مدفع الكتروني مستقر في العنق الضيق للانبوب قذف حزمة شعاعية (Beam) من الإلكترونيات باتجاه الشاشة المطلية من واجهتها الداخلية بالفوسفور الذي من شانه أن يتوهج لفترات قصيرة كلما اصيب بالمقذوفات الالكترونية. وفي طريقها نحو الشاشة، تمر الحزمة الشعاعية عبر مقرن (Yoke) كهرمغناطيسي يوجهها استناداً إلى التغيير في الحقلين المغناطيسيين العامودي والافقي للمقرن. ويتولى الكمبيوتر التحكم بهذه التغييرات وبالتالي بالانماط التي يشكلها الاشعاع على الطبقة الفوسفورية. وفي انبوب كاثودي ملون تولد ثلاث حزم شعاعية منفصلة كل منها مسؤول عن لون مختلف في النقاط المضيئة.

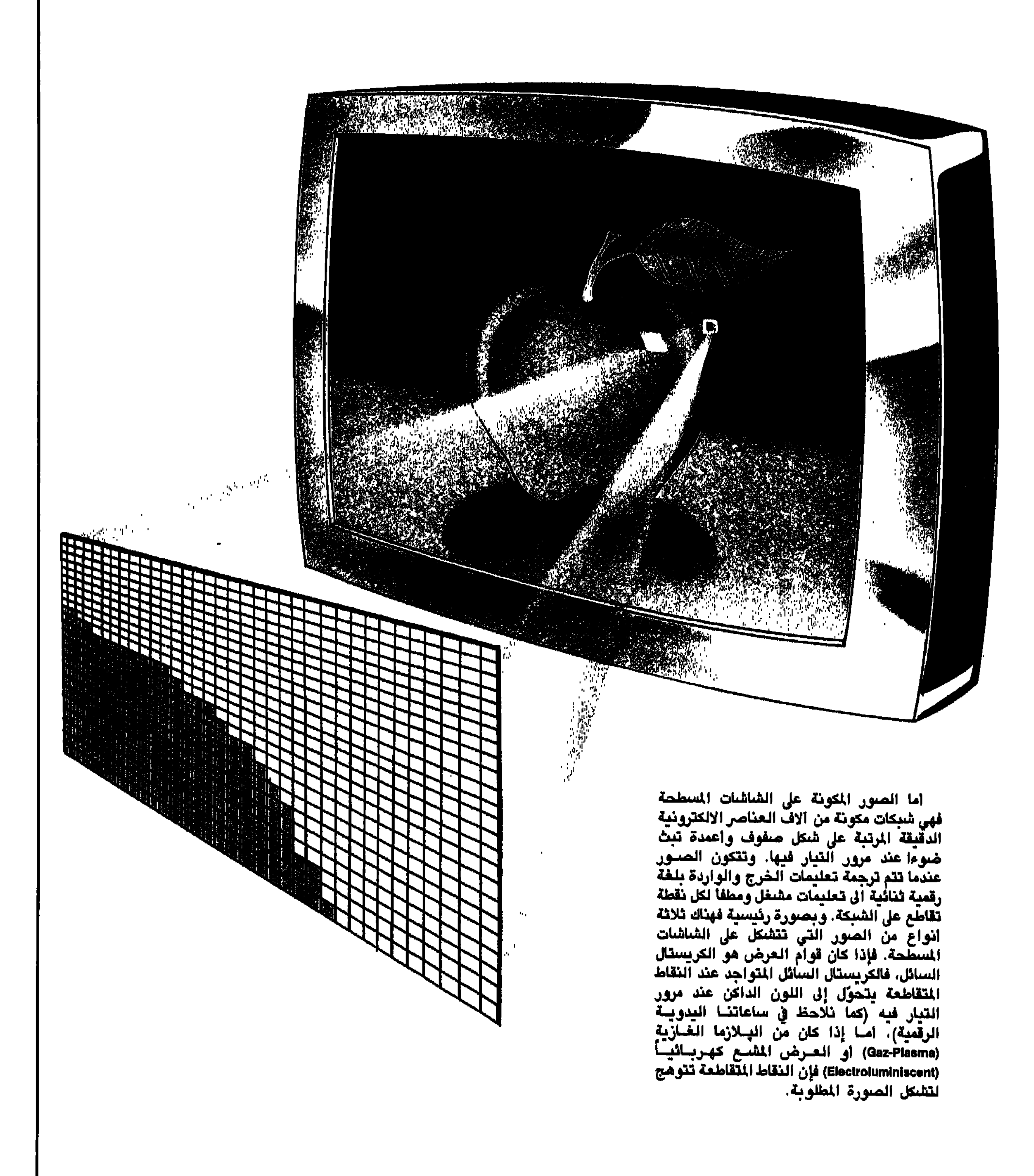


هناك نوع من الانابيب الكاثودية ذات المسح المتوازي. (Raster-Scan CRT). هذا النوع يكوّن الرسوم على الشاشة عن طريق قذف الحزم الشعاعية الالكترونية بنمط افقي متجهاً من اليسار إلى اليمين ومن اعلى إلى اسفل. فإذا كان المرقاب أحادي اللون فإن حزمة شعاعية الكترونية واحدة تنتقل بسرعة بين حالتي مشغل ومطفا بحيث يضاء جزء فقط من النقاط المضيئة وتترك الباقية معتّمة لتشكل الخلفية اللازمة للتغاير (Contrast). أما في المرقاب الملون فإن الحزم الشعاعية الثلاث التي تهيّج الفوسفور الأحمر والأخضر والازرق في النقاط المضيئة فتتقلّب بدورها بين حالتي مشغل ومطفا. وإن الكثافات المتنوعة للالوان الاساسية الثلاثية قادرة على خلق ما لا يقل عن ١٦ مليون تدرجاً لونياً.



اما الانبوب الاشعاعي الكاثودي الموجه (Vector CRT) فإنه يخطّط حدود الصورة بحزمة شعاعية مستمرّة لا بحزمة ذات نبضة متقطّعة على اساس مبدا مشغل ومطفا المستخدم في الانبوب ذي المسح المتوازي. فالحزمة الشعاعية المسيرة بواسطة المقرن توجه بصورة مباشرة من احدى نقاط الصورة إلى الثانية بصورة خط قطري مائل (Diagonal) وكذلك عامودي وأفقي في آن. اما الشكل الذي يتكون فهو سلكي الشكل وهو يصلح بصورة خاصة في بعض التطبيقات كالهندسة. لكن هذا الاسلوب يتصف بالبطء إلى حد ما كما لا يوفر صوراً مجسمة.

لكل شاشة مقابل ٦٤،٠٠ في المراقيب الكمبيوترية الشبيهة بشاشات التلفزيون المنزلي العادي. ولما كان الاتجاه السائد هو نحو الأجهزة القابلة للنقل والحمل فإن ذلك دفع بمزيد من التجارب على صعيد الشاشات الصغيرة ذات العرض المسطح. هذه الشاشات ليست أصغر حجماً فحسب بل أقل قابلية للعطب من سواها وتصميمها قائم على مبدأ الاحكام وليس على التجميع المرهف للمكونات الدقيقة داخل انبوب زجاجي مفرغ.



اما الصور المكونة على الشاشات المسطحة فهي شبكات مكونة من آلاف العناصر الالكترونية الدقيقة المرتبة على شكل صفوف واعمدة تبث ضوءا عند مرور التيار فيها. وتتكون الصور عندما تتم ترجمة تعليمات الخرج والواردة بلغة رقمية ثنائية الى تعليمات مشغل ومطفأ لكل نقطة تقاطع على الشبكة. وبصورة رئيسية فهناك ثلاثة انواع من الصور التي تتشكل على الشاشات المسطحة. فإذا كان قوام العرض هو الكريستال السائل، فالكريستال السائل المتواجد عند النقاط المتقاطعة يتحوّل إلى اللون الداكن عند مرور التيار فيه (كما نلاحظ في ساعاتنا اليدوية الرقمية). اما إذا كان من البلازما الغازية (Gaz-Plasma) او العرض المشع كهربائياً (Electroluminiscent) فإن النقاط المتقاطعة تتوهج لتشكل الصورة المطلوبة.



البرامج	المعالج	البيانات	كيف يعمل؟	ما هو؟
الطرفيات	التأهيل	الدارات	المنطق	اللغة

بدأنا في الفصل ما قبل الأخير عَرض طريقة عمل الأجهزة الطَّرفيّة بدءًا بلوحة المفاتيح إلى المرقاب، وفي هٰذا الفصل نَستعرض آلة الطباعة مُختتِمين بذٰلك استعراض الأجهزة الطَّرفيّة الأساسيّة لعمل الكومبيوتر.

الفصل الرابع والعشرون — الطابعة

تقع الطابعات، وهي اجهزة اخراج مهمتها صنع نسخة ورقية دائمة عن العمل الذي يقوم به الكمبيوتر، على نوعين رئيسيين. الاول الطابعات الوقعْية (Impact) التي تعمل عن طريق ضغط او احداث وقع فوق شريط محبر يمر امام صفيحة ورقية والطابعات غير الوقعية (Nonimpact). اما الفارق بينهما فهو في النوعية والسرعة والكلفة.

تقوم الطابعات الوقعية برسم الاحرف اما كاملة او منقطة عندها يطلق عليها اسم طابعات تنقيطية (Dot-matrix) وهي اقتصادية يمكن برمجتها لخلق عدد مختلف ومتنوع من الاحرف والرسوم التصويرية. وهي تقوم بالطباعة حرفا تلو الاخر وتتراوح سرعتها بين ١٠٠ حرف في الثانية و ٦٠٠ سطر في الدقيقة.

وهناك طابعات وقعية تطبع الاحرف كاملة اي غير منقطة. وهي بدورها على انواع منها ما يطبع النص حرفا حرفا ومنها ما يطبع السطر بكامله ولذلك تتراوح سرعتها بين ١٠ احرف في الثانية و آلاف الاسطر في الدقيقة.

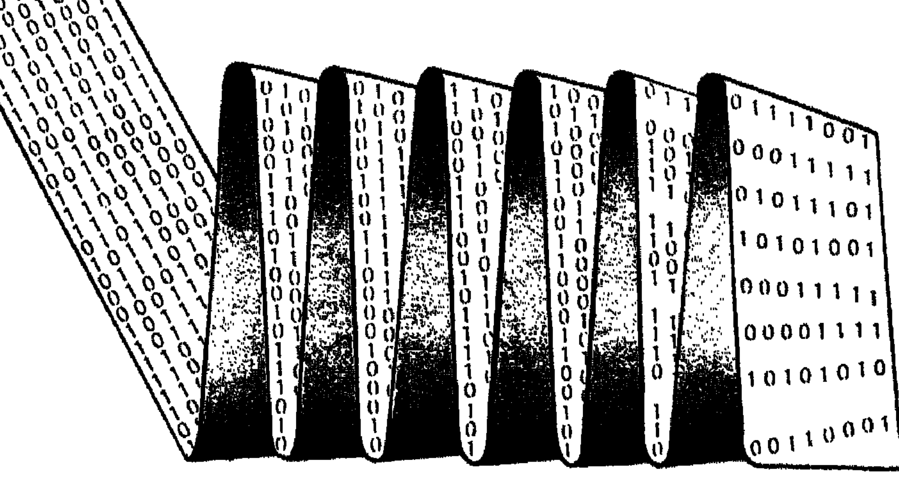
بعض الطابعات غير الوقعية تعتمد بدورها اسلوب الطبع التنقيطي واحيانا اخرى اسلوبا شبيها باسلوب آلة النسخ (Photocpy). هذا النوع الاخير يجمع بين المرونة التي تتمتع بها الطابعات التنقيطية والنوعية الرفيعة التي تمتاز بها الطابعات التي تطبع الحرف بكامله دفعة واحدة.

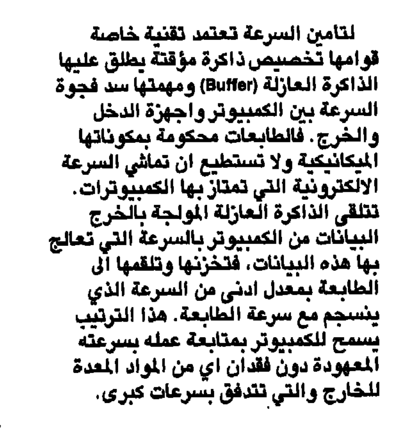
يتألف الراس الطباعي لطابعة تنقيطية من عدد من الدبابيس المرتبة على شكل عامودي. كل دبوس يقوم مقام مطرقة مستقلة تاركا عند ارتطامه بالشريط المحبر نقطة على الصفحة الورقية. وحينما يتحرك الراس الطباعي افقيا عبر الصفحة يتم اطلاق الدبابيس مئات المرات وبمئات الائتلافات المختلفة لخلق انماط تنقيطية تمثل احرفا مستقلة. في مثلنا المرفق فان راسا طباعيا مؤلفا من تسعة دبابيس انهى للتو رسم الاعمدة المنقطة الخمسة التي تشكل حرف (R) الكبير.

ورق

شريط

دبابيس





لتامين السرعة تعتمد تقنية خاصة قوامها تخصيص ذاكرة مؤقتة يطلق عليها الذاكرة العازلة (Buffer) ومهمتها سد فجوة السرعة بين الكمبيوتر واجهزة الدخل والخرج. فالطابعات محكومة بمكوناتها الميكانيكية ولا تستطيع ان تماشي السرعة الالكترونية التي تمتاز بها الكمبيوترات. تتلقى الذاكرة العازلة المولجة بالخرج البيانات من الكمبيوتر بالسرعة التي تعالج بها هذه البيانات، فتخزنها وتلقمها الى الطابعة بمعدل ادنى من السرعة الذي ينسجم مع سرعة الطابعة. هذا الترتيب يسمح للكمبيوتر بمتابعة عمله بسرعته المعهودة دون فقدان اي من المواد المعدة للخارج والتي تتدفق بسرعات كبرى.

تتالف العناصر الاساسية للطابعات الوقعية من مطرقة وقرصة احرف (Slug) وشريط محبَّر وورق. تقوم المطرقة بدفع هذه العناصر بعضها الى بعض لطبع الحرف على الصفحة. في الانواع التي تطبع كل حرف على حدة فالقرصات الحرفية تُركب على محيط اداة دائرية يطلق عليها اسم دولاب. (Daisy Wheel) وحينما تقوم المطرقة بالضغط على القرصة المعينة التي تتحرك وتنتقل الى موقعها المناسب نتيجة الدوران السريع للدولاب يحصل الوقع. اما بالنسبة لبعض الطابعات السطرية فان قرصات السطر ترتب على قطعة معدنية مرنة ويحصل الوقع، وبالتالي، الطبع بضغط الورق على كل حرف.

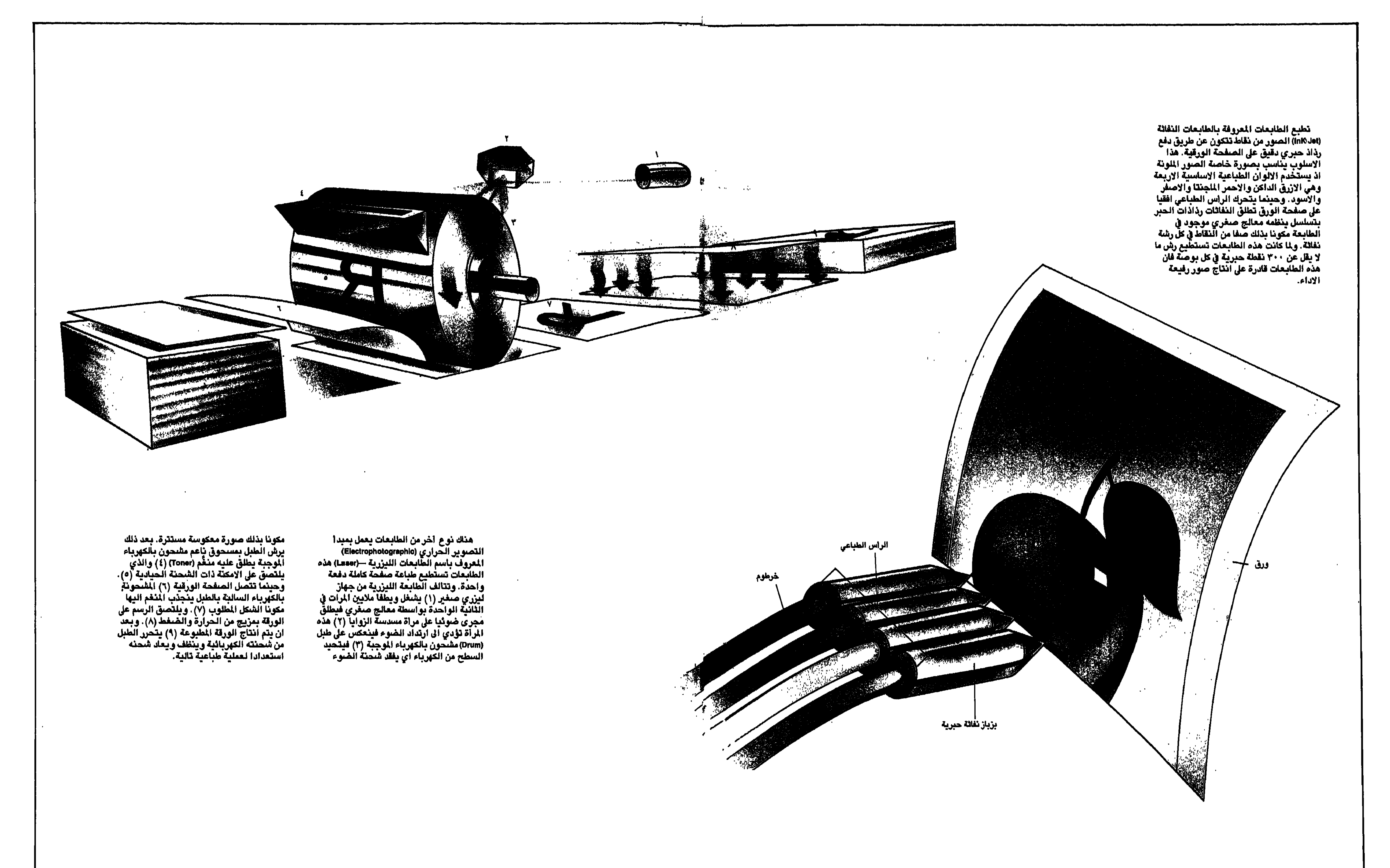
مطرقة

قرصة

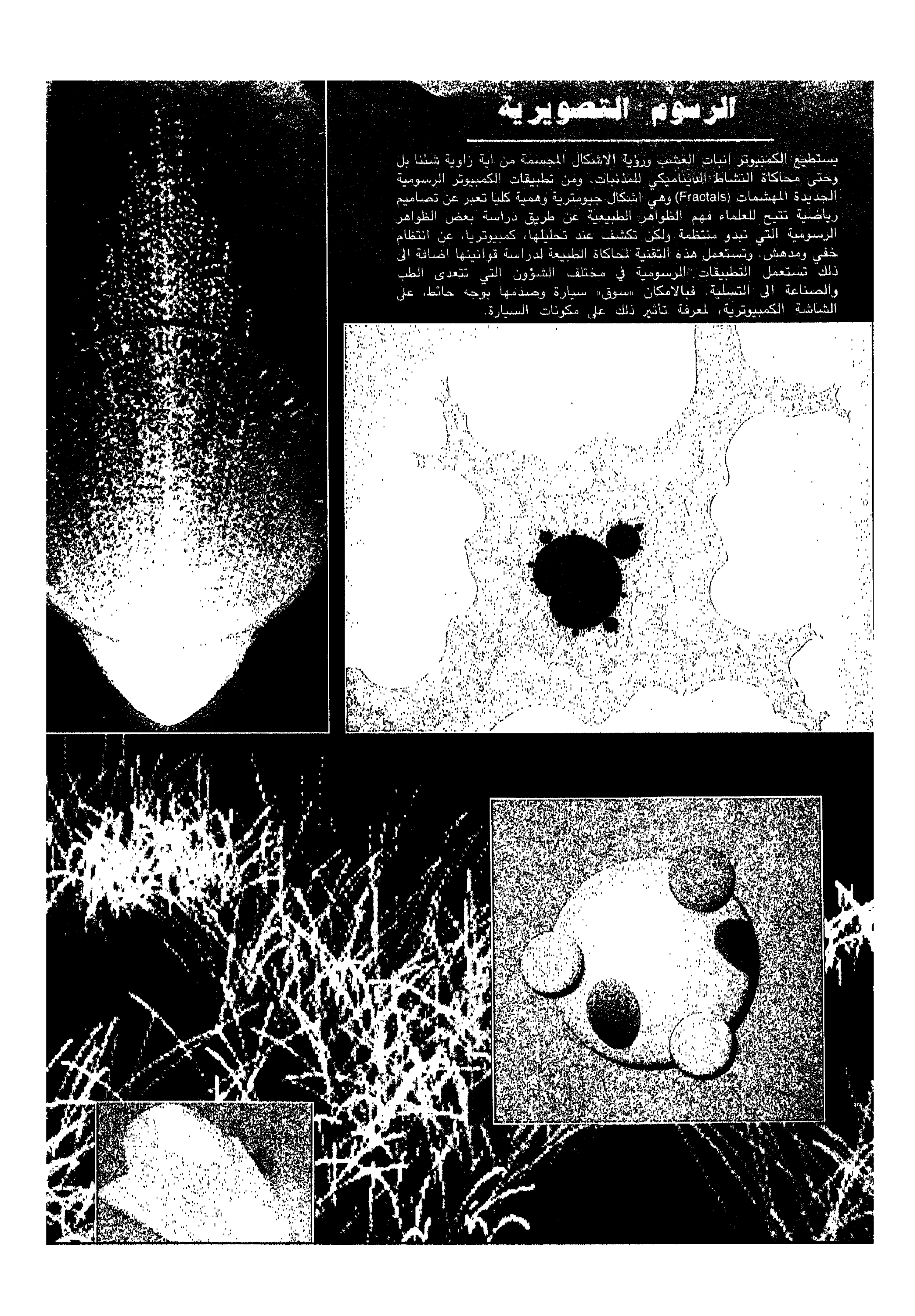
شريط

ورق

تطبع الطابعات المعروفة بالطابعات النفاثة (InK\Jet) الصور من نقاط تتكون عن طريق دفع رذاذ حبري دقيق على الصفحة الورقية. هذا الاسلوب يناسب بصورة خاصة الصور الملونة اذ يستخدم الالوان الطباعية الاساسية الاربعة وهي الازرق الداكن والاحمر الماجنتا والاصفر والاسود. وحينما يتحرك الراس الطباعي افقيا على صفحة الورق تطلق النفاثات رذاذات الحبر بتسلسل ينظمه معالج صغري موجود في الطابعة مكونا بذلك صفا من النقاط في كل رشة نفاثة. ولما كانت هذه الطابعات تستطيع رش ما لا يقل عن ٣٠٠ نقطة حبرية في كل بوصة فان هذه الطابعات قادرة على انتاج صور رفيعة الاداء.



هناك نوع آخر من الطابعات يعمل بمبدا التصوير الحراري (Electrophotographic) المعروف باسم الطابعات الليزرية —(Laser) هذه الطابعات تستطيع طباعة صفحة كاملة دفعة واحدة. وتتالف الطابعة الليزرية من جهاز ليزري صغير (١) يشغل ويطفأ ملايين المرات في الثانية الواحدة بواسطة معالج صغري فيطلق مجرى ضوئيا على مراة مسدسة الزوايا (٢) هذه المراة تؤدي الى ارتداد الضوء فينعكس على طبل (Drum) مشحون بالكهرباء الموجبة (٣) فيتحيد السطح من الكهرباء اي يفقد شحنة الضوء مكونا بذلك صورة معكوسة مستترة. بعد ذلك يرش الطبل بمسحوق ناعم مشحون بالكهرباء الموجبة يطلق عليه منغم (Toner) (٤) والذي يلتصق على الامكنة ذات الشحنة الحيادية (٥). وحينما تتصل الصفحة الورقية (٦) المشحونة بالكهرباء السالبة بالطبل ينجذب المنغم اليها مكونا الشكل المطلوب (٧). ويلتصق الرسم على الورقة بمزيج من الحرارة والضغط (٨). وبعد ان يتم انتاج الورقة المطبوعة (٩) يتحرر الطبل من شحنته الكهربائية وينظف ويعاد شحنه استعدادا لعملية طباعية تالية.



الرسوم التصويرية

يستطيع الكمبيوتر انبات العشب ورؤية الاشكال المجسمة من اية زاوية شئنا بل وحتى محاكاة النشاط الديناميكي للمذنبات. ومن تطبيقات الكمبيوتر الرسومية الجديدة المهشمات (Fractals) وهي اشكال جيومترية وهمية كليا تعبر عن تصاميم رياضية تتيح للعلماء فهم الظواهر الطبيعية عن طريق دراسة بعض الظواهر الرسومية التي تبدو منتظمة ولكن تكشف عند تحليلها، كمبيوتريا، عن انتظام خفي ومدهش. وتستعمل هذه التقنية لمحاكاة الطبيعة لدراسة قوانينها اضافة الى ذلك تستعمل التطبيقات الرسومية في مختلف الشؤون التي تتعدى الطب والصناعة الى التسلية. فبالامكان «سوق» سيارة وصدمها بوجه حائط، على الشاشة الكمبيوترية، لمعرفة تأثير ذلك على مكونات السيارة.

